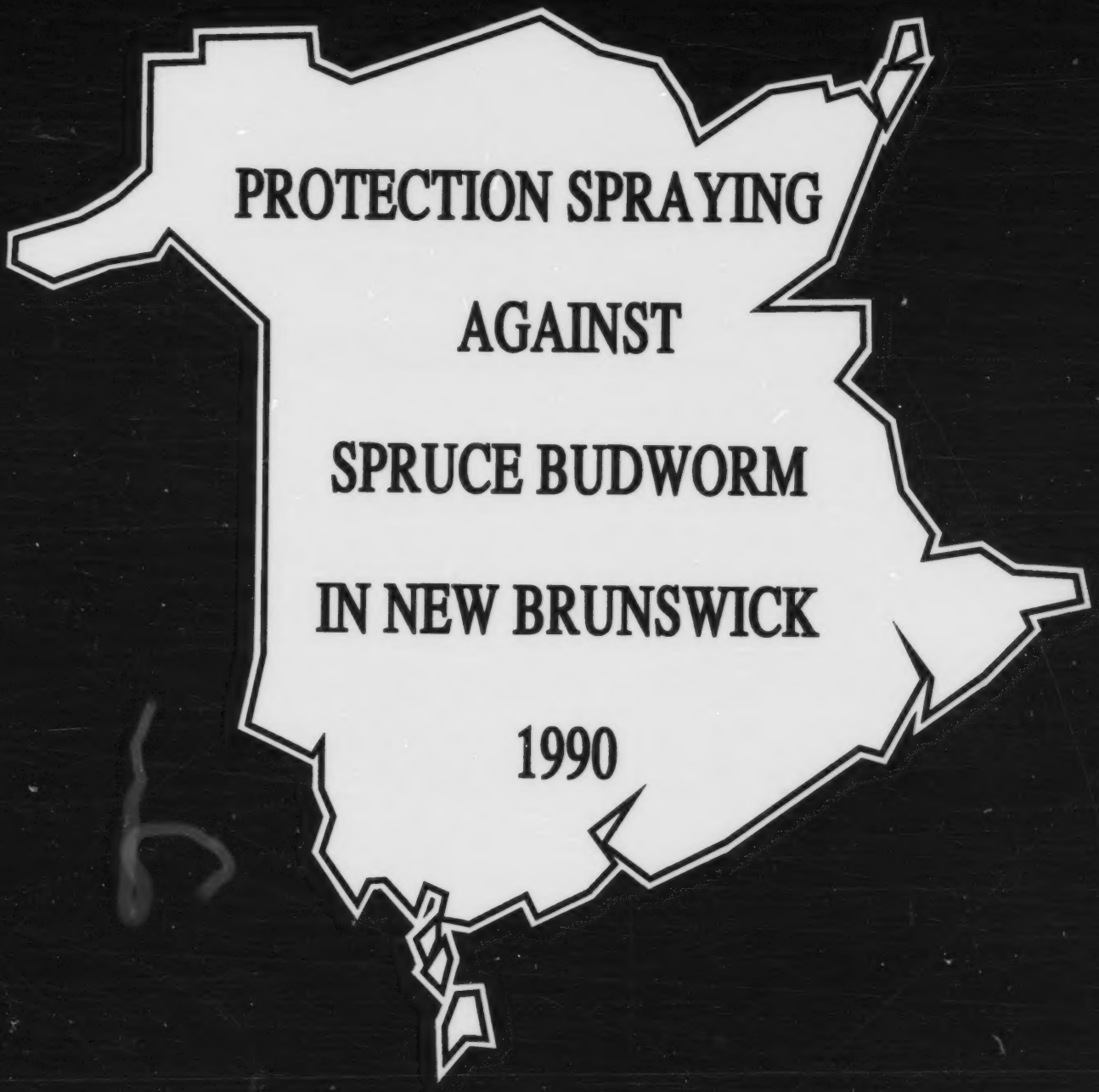
New Nouveau
Brunswick



PROTECTION SPRAYING AGAINST SPRUCE BUDWORM IN NEW BRUNSWICK 1990

Natural Resources & Energy
Ressources naturelles et Énergie

91-06862/

PROTECTION SPRAYING AGAINST SPRUCE BUDWORM IN NEW BRUNSWICK 1990

Nelson E. Carter and Dan R. Lavigne
Timber Management Branch
Forest Pest Management Section
Department of Natural Resources and Energy
Fredericton, New Brunswick

1991

Hon. Morris V. Green
Minister

Bryan Walker
Deputy Minister

SUMMARY

In 1990, Forest Protection Limited (FPL) applied insecticides aerially to 533 200 ha of spruce budworm (Choristoneura fumiferana (Clem.)) infested forest in New Brunswick. This was a 7.6% decrease from 576 900 ha treated in 1989. In addition, J.D. Irving Limited treated 28 600 ha of its own freehold land, compared to 34 000 ha in 1989.

Of the total area treated by FPL, 68.0% received a double application of the chemical insecticide fenitrothion (Sumithion); 22.3% received a double application of the bacterial insecticide Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.) in the form of two products, viz. Futura XLV-HP and Biodart; 0.4% received a single application of B.t. and 9.3% received one application of chemical insecticide followed by one application of B.t.

Spray aircraft included: 2 TBMs equipped with prototype Sergonair constant speed rotary atomizers, 10 TBMs equipped with boom and nozzles, and 17 single-engine small spray planes (SSPs) equipped with Micronair AU4000 rotary atomizers. Of the total area treated: 6.8% was fenitrothion applied by TBMs equipped with Sergonairs; 36.6% was fenitrothion applied by TBMs equipped with boom and nozzles; 29.4% was fenitrothion applied by SSPs, and 27.2% was B.t. applied by SSPs.

Objectives of the program were to limit budworm feeding and retain 60% or more of the current year's needles on balsam fir (Abies balsamea (L.) Mill.) and 50% or more of the current year's needles on red-black spruce (Picea rubens Sarg. - P. mariana (Mill.) B.S.P.).

Spray timing and post-spray weather were examined and foliage protection results for each treatment were evaluated based on pre-spray larval populations. Deposit, which also influences spray efficacy, is currently not measured operationally for several reasons. Consequently foliage protection results reflect what happened, but do not fully explain why.

Foliage protection results were assessed for spray blocks located in three different areas: i) within areas forecast to have moderate to high populations in northern N.B., ii) within areas forecast to have variable populations in northern N.B., and iii) remaining blocks within the central and southern portions of the province where the infestation has generally declined.

In the moderate to high forecast area in northern N.B., three treatments were examined and compared: 2X210 g/ha of fenitrothion; 2X15 BIU/ha of B.t.; and 210 g/ha of fenitrothion followed by 15 BIU/ha of B.t. Anaylsis indicated benefits due to each treatment, but differences in levels of protection were found between treatments. Trees in fenitrothion transects had much better foliage protection than trees in either the B.t. or combined treatment. Foliage protection results in the combined treatment appeared intermediate; however, at moderate and high pre-spray populations no significant differences were found in defoliation results between the combined treatment and 2XB.t. treatment. The percent of sampled balsam fir trees meeting the objective was 85%, 60% and 72% in the fenitrothion, B.t., and fenitrothion plus B.t.

treatment, respectively. In contrast, only 38% of the trees in untreated transects had defoliation less than the objective.

Based on regression lines, defoliation exceeded the foliage protection objective at pre-spray larval densities greater than 0.18, 0.30, and 0.44 larvae/bud in B.t., fenitrothion plus B.t., and fenitrothion treatments, respectively. Current defoliation means were 18.6%, 37.8% and 26.6% for fenitrothion, B.t., and fenitrothion plus B.t. treatments, respectively. Although not a measure of foliage protection, percent larval mortality due to treatment reflected differences in foliage protection noted between treatments. Mean larval mortality due to fenitrothion was 82% compared to 46% for B.t. and 57% for the combined treatment.

Given that areas were sprayed within prescribed timings with favourable post-spray weather conditions, and results of percent defoliation and percent mortality evaluated based on pre-spray larval densities - it appears that spray deposit and/or B.t.'s single mode of action may be key factors contributing to lower overall foliage protection in B.t. treated areas.

Within the variable forecast in northern N.B., fenitrothion, and fenitrothion plus B.t. treatments were used. Both treatments afforded good foliage protection with 98% and 92% of the balsam fir trees, respectively, meeting the foliage retention objective. In contrast, only 68% of the balsam fir trees in untreated transects met the objective.

In central and southern New Brunswick, where only fenitrothion was used, mean defoliation on balsam fir and red/black spruce in treated and untreated transects did not exceed foliage protection objectives.

The aerial survey of defoliation detected an estimated 60 000 ha of light, 146 000 ha of moderate, and 91 000 ha of severe defoliation. Approximately 67.1% of the provincial moderate and severe defoliation occurred outside treatment areas. Within the moderate to high population forecast for 1990, 28.5% of the fenitrothion treated area, 43.6% of the B.t. treated area, and 50.1% of the fenitrothion plus B.t. treated area had moderate and severe defoliation. In contrast, less than 3% of the area treated within the variable forecast had moderate and severe defoliation.

For 1991, it is forecast the infestation will cover 0.99 million ha of which 0.22 million ha will contain variable populations (low to high), and 0.77 million ha will contain moderate to high populations. Compared to last year, this is a 33% decrease in the total area of infestation. The area of moderate to high populations will increase by 40%. In contrast, the areas with variable populations will decrease by 78%. Infested areas will be primarily in northern New Brunswick with a few large patches elsewhere within the province. In the southern half of the province, except for an isolated area northwest of Moncton, no significant damage is expected, continuing the low trend of the past several years.

ACKNOWLEDGEMENTS

To properly time and assess a large-scale spray program requires specialized knowledge and a sense of dedication and pride in one's work. The data and information contained in this report are directly related to the conscientious efforts of the following staff within DNRE: Mr. Lester Hartling, Mr. Wilf Patterson, Ms. Janet Proude, Mr. Danny O'Shea, Mr. Ross Farquhar, Mr. Robert MacGregor, Mr. Peter MacNutt, Mr. Greg Simpson, Ms. Susan Jonah and Mr. Carroll Cameron. Their hard work and the assistance of numerous summer staff is greatly appreciated.

Statistical advice provided by Dr. Dan Quiring of the University of New Brunswick (Department of Forest Resources) and Ms. Sue Martin of Forestry Canada - Maritimes is gratefully acknowledged.

Editorial comments and suggestions provided by Mr. Dave Davies (Forest Protection Ltd.), Dr. Dan Quiring (University of New Brunswick), Dr. Jon Sweeney (Forestry Canada - Maritimes), and Mr. Lester Hartling (N.B. Dept. of Natural Resources and Energy) on earlier versions of this report are gratefully acknowledged.

Special appreciation is also due to Mrs. Janet Lynch for typing the final manuscript.

TABLE OF CONTENTS

		Page
SUMMARY		
	ACKNOWLEDGEMENTS	iii
	LIST OF TABLES	v
	LIST OF FIGURES	vi
INTRODUCTION		
1.	THE SPRAY OPERATION	
	1.1 Area Sprayed	1
	1.2 Insecticides	1
	1.3 Operational Logistics	4
	1.4 Spray Costs	4
2.	SURVEYS AND ASSESSMENTS	
	2.1 Development Sampling - Biological Criteria for Timing Spray Applications	5
	2.2 Pre-spray Population Sampling	6
	2.3 Post-spray Development Sampling	6
	2.4 Defoliation Surveys	7
	2.5 L2 Survey	7
3.	OVERVIEW OF BUDWORM DAMAGE IN 1990	
	3.1 Aerial Survey of Defoliation	8
4.	EFFECTIVENESS OF SPRAY OPERATIONS	
	4.1 Objectives of Protection	12
	4.2 Factors Affecting Foliage Protection Results	12
	4.3 Foliage Protection Results	12
	4.3.1 Ground Assessments	13
	4.3.2 Aerial Assessment	28
5.	INFESTATION FORECAST FOR 1991	29
6.	CONCLUSIONS	
	6.1 Spray Operations	32
	6.2 Effectiveness of Program	32
	6.3 Forecast	33
REFERENCES		34

LIST OF TABLES

		Page
Table 1.	Areas sprayed by Forest Protection Limited for spruce budworm control in 1990 in New Brunswick. (Does not include the J.D. Irving Ltd. program).	2
Table 2.	Operational spray costs in New Brunswick from 1984 to 1989 and estimates for 1990. (Not adjusted for inflation).	5
Table 3.	Areas defoliated by spruce budworm in New Brunswick from 1975 to 1990.	9
Table 4.	Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir in treated and untreated transects within the M-H forecast area in northern N.B. in 1990.	18
Table 5.	Means, standard errors and non-parametric (Kruskal-Wallis; Wilcoxon two-sample test ($P<0.05$)) results for treatments within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	21
Table 6.	Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir in treated and untreated transects within the variable forecast area in northern N.B. in 1990.	23
Table 7.	Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir and red-black spruce in treated and untreated transects in Central and Southern New Brunswick in 1990.	27
Table 8.	Summary of areas of moderate and severe defoliation within treatments in New Brunswick in 1990.	28
Table 9.	Comparison of spruce budworm forecast infestation levels 1981 to 1990.	29
Table 10.	Comparison of areas (ha) forecast in year N to have moderate and high spruce budworm populations in year N+1 (1982-1990).	30

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 1.	Areas sprayed by FPL for spruce budworm control in New Brunswick in 1990. (Does not include the J. D. Irving Ltd. program).	3
Figure 2.	Areas of light, moderate and severe defoliation caused by spruce budworm in New Brunswick in 1990.	10
Figure 3.	Areas forecast to have variable (low to moderate) and moderate to high spruce budworm populations in New Brunswick in 1990 (Carter, 1990).	11
Figure 4.	Distribution of pre-spray larval populations in treated and untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	15
Figure 5.	Relationship (regression line, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent larval mortality in untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	16
Figure 6.	Relationship (regression line, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	17
Figure 7.	Relationships (regression lines, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in treated and untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	19
Figure 8.	Distribution of percent current defoliation levels in treated and untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.	22
Figure 9.	Distribution of pre-spray larval populations in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.	24
Figure 10.	Relationships (regression lines, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.	25
Figure 11.	Distribution of percent current defoliation levels in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.	26
Figure 12.	Areas forecast to have variable (low to high), and moderate to high spruce budworm populations in N.B. in 1991.	31

PROTECTION SPRAYING AGAINST SPRUCE BUDWORM IN NEW BRUNSWICK 1990

In 1990, selected spruce budworm infested forest stands in New Brunswick were aerially treated for foliage protection. Both chemical and biological insecticides were used. Operational spray information may be found in the "1990 PROGRAM REPORT" prepared by Forest Protection Limited (Davies, 1990).

This report summarizes the 1990 spray operation, outlines operational surveys conducted, and provides analyses of levels of foliage protection achieved. A forecast of the expected spruce budworm infestation for 1991 is also presented.

1. THE SPRAY OPERATION

1.1 Area Sprayed

In 1990, insecticide was aerially applied in New Brunswick to 533 200 ha of spruce budworm infested forest land (Table 1; Figure 1). This was 7.6% less than the 576 900 ha treated in 1990 (Carter, 1990). Spray logistics were planned and implemented by Forest Protection Limited (FPL). In addition, J.D. Irving Ltd. sprayed 28 600 ha of its own freehold land (Brunsdon, J.D.I. Ltd. pers. comm.) compared to 34 000 ha in 1989.

1.2 Insecticides

Insecticides used in 1990 (Table 1) included: the chemical fenitrothion (Sumithion), and two brands of biological insecticide containing Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.) i.e. Futura XLV-HP and Biodart. Various application rates were used (Table 1). Approximately 68.0% of the area received a double application of fenitrothion, 22.7% received a single (0.4%) or double (22.3%) application of biological insecticide (B.t.), and the remaining 9.3% was treated with a single application of fenitrothion followed by a single application of B.t.

Spray aircraft used in 1990 included: 2 TBMs[a] equipped with prototype electrically-driven rotary atomizers called Sergonairs; 10 TBMs equipped with boom and nozzles; and 17 single-engine small spray planes (SSPs) equipped with wind-driven Micronair AU4000 rotary atomizers. The Sergonairs allowed the application of chemical at ultra ultra low volumes (0.4 L/ha) similar to the volume applied by SSPs using Micronair AU4000s but with a more constant droplet spectrum because of their constant rotational speed. In trials, prior to the spray operation, it was found that problems with pumping the Futura XLV-HP in the TBMs equipped with Sergonairs negated using this delivery system for applying B.t. in the operation.

Of the total area treated: 6.8% was fenitrothion applied by TBMs equipped with Sergonairs; 36.6% was fenitrothion applied by TBMs equipped with boom and nozzles; 29.4 % was fenitrothion applied by SSPs; and 27.2% was B.t. applied by SSPs. The same aircraft were not necessarily used to apply the second application

[a] TBM - Grumman Avenger (Torpedo Bomber Medium range).

Table 1. Areas sprayed by Forest Protection Limited for spruce budworm control in 1990 in New Brunswick. (Does not include the J.D. Irving Ltd. program).

Treatment[a]	Area (ha X 10^3)	Percent	Aircraft Type[b]
<u>One Application - Biological</u>			
30 BIU-FXLV-HP/0.90 L/ha [c]	2.0	(0.4)	SSP
<u>Two Applications - Biological</u>			
15 BIU-FXLV-HP/0.45 L/ha + 15 BIU-FXLV-HP/0.45 L/ha	117.7	(22.1)	SSP
15 BIU-BIODART/0.89 L/ha + 15 BIU-BIODART/0.89 L/ha	1.2	(0.2)	SSP
SUB-TOTAL:	118.9	(22.3)	
SUB-TOTAL BIOLOGICAL ONLY:	120.9	(22.7)	
<u>Two Applications - Chemical</u>			
210 g FEN./1.46 L/ha + 210 g FEN./1.46 L/ha	194.9	(36.6)	TBM/b
210 g FEN./0.44 L/ha + 210 g FEN./0.44 L/ha	167.7	(31.4)	SSP, TBM/s
SUB-TOTAL CHEMICAL ONLY:	362.6	(68.0)	
<u>One Appl. Chemical + One Appl. Biological</u>			
210 g FEN./0.44 L/ha + 15 BIU-FXLV-HP/0.45 L/ha	49.7	(9.3)	SSP, TBM/s
SUB-TOTAL CHEMICAL + BIOLOGICAL:	49.7	(9.3)	
GRAND TOTAL:	533.2	(100.0)	

[a] FXLV-HP = Futura XLV-HP
BIODART = Biodart
FEN. = Fenitrothion

[b] TBM/b = TBM with boom+nozzle
TBM/s = TBM with Sergonair
SSP = Small spray planes with Micronair AU4000

[c] Sprayed by FPL on J.D. Irving freehold land.

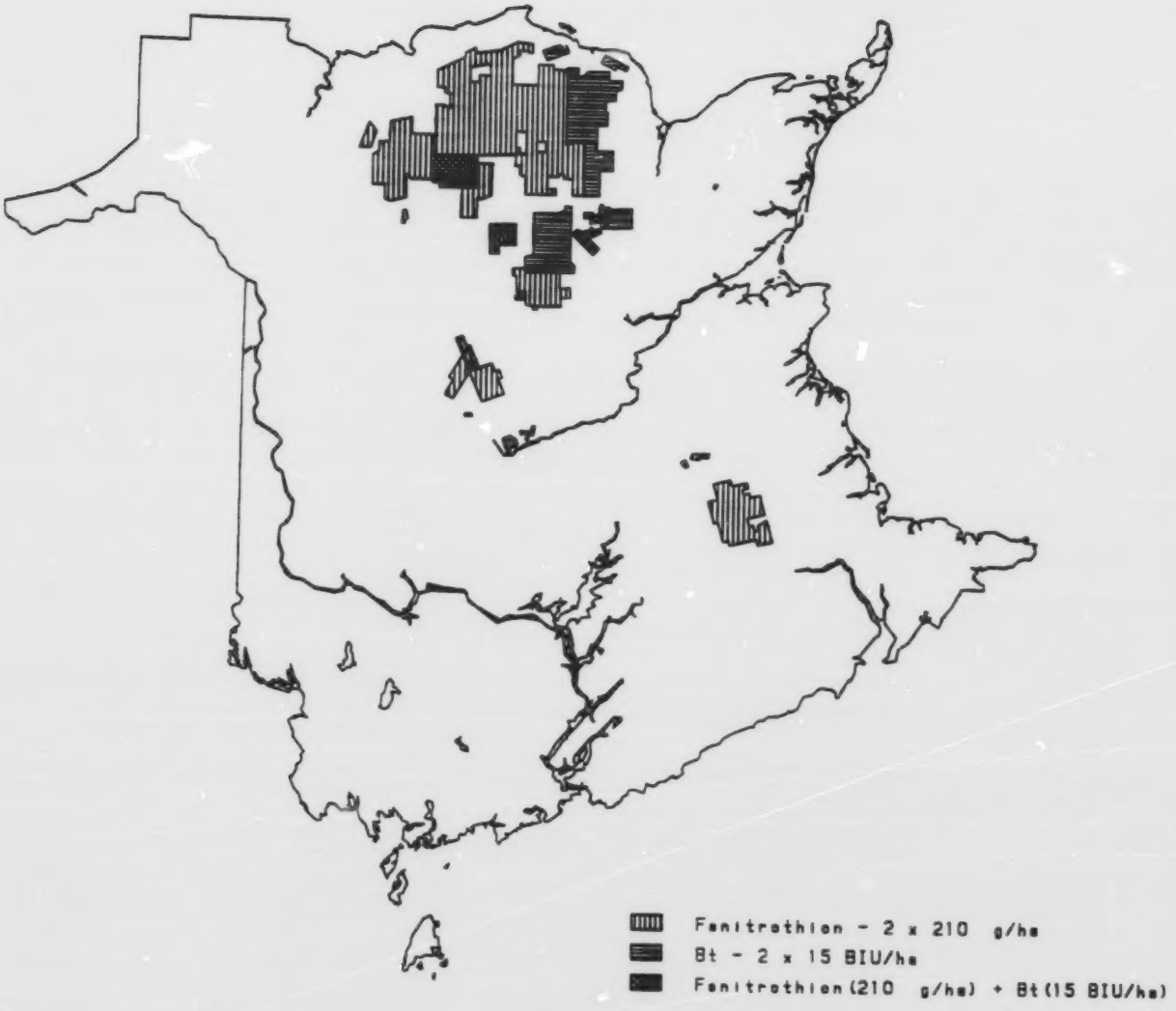


Figure 1. Areas sprayed by FPL for spruce budworm control in New Brunswick in 1990. (Does not include the J.D. Irving Ltd. program).

as the first. For SSPs, the "enhanced atomization technique" was utilized whereby the flowrate through each Micronair AU4000 rotary atomizer was limited to 2 L/min/unit to produce finer spray droplets. Coupled with the potency (BIU/L) of the B.t. products this enabled SSPs to spray B.t. undiluted at half the normal rate (i.e. 15 rather than 30 BIU/ha) in reduced total volume/ha.

1.3 Operational Logistics

Maximum and minimum temperatures from various weather stations within the province were used by the Department of Natural Resources and Energy (DNRE) to monitor the regional accumulation of degree days (Threshold = 3°C) commencing April 1st. In addition development of larvae and shoots of host-trees were assessed by DNRE in and around areas scheduled for treatment. Based on this information DNRE advised FPL when treatment blocks were biologically ready for spraying.

Cooler than normal temperatures during the latter half of May and first part of June retarded larval and host-tree shoot development. As a result, the first treatment blocks were not biologically ready for spraying until June 3rd - roughly one week later than last year. By June 12th all treatment blocks had been opened for spraying. Poor spray weather delayed the commencement of spraying in the first fenitrothion and B.t. blocks until June 5th and June 6th, respectively. Once spraying commenced it continued for fourteen consecutive days from at least one of the three spray bases in operation (Davies, F.P.L. pers. comm.). During this period 99% of the program was completed. The remaining 1% of the program took an additional eight days to complete because of "very poor" spray weather. All spraying was completed by June 26th.

1.4 Spray Costs

Spray costs for different treatments have generally increased since 1984 (Table 2). Costs of aerial surveys of defoliation, the L2 forecast survey, and FPL overhead, including research and development, are not included. Estimated costs for 1990 reflect the use of Sergonair technology for spraying fenitrothion at ultra ultra low volume from TBMs, and using the "enhanced atomization" technique with SSPs for spraying B.t. at 15 BIU/ha.

Table 2. Operational spray costs in New Brunswick from 1984 to 1989 and estimates for 1990. (Not adjusted for inflation).

Treatment	Cost ($/ha)						
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990[f]
TBM chemical[a]	6.80	7.23	9.19	7.07	10.92	11.11[d]	14.08
TBM B.t.[b]	11.79	14.12	-	12.22	12.55[d]	12.87	-
SSP chemical[a]	11.52	11.82	11.50	16.42	16.46	18.21	14.08
SSP B.t.[b]	16.38	18.71	16.60	21.54	20.83	19.94[e]	17.59[e]
chem.+B.t.[c]	-	-	-	-	-	-	15.86

[a] chemical = 2 applications of fenitrothion at 210 g/ha.
[b] B.t. = 1 application of 30 BIU/ha.
[c] chemical+ = 1 application of fenitrothion at 210 g/ha +
B.t. 1 application of B.t. at 15 BIU/ha.
[d] includes DC-6 aircraft.
[e] B.t. = 2 applications of B.t. at 15 BIU/ha.
[f] estimated costs

2. SURVEYS AND ASSESSMENTS

Various surveys were used to time spray applications and assess foliage protection results. Methods were similar to those reported for previous spray programs against spruce budworm in New Brunswick (Carter, 1988; 1990).

2.1 Development Sampling - Biological Criteria for Timing Spray Applications

Prior to spraying, sampling locations were established in budworm susceptible stands in or near treatment blocks. At each location 3 to 5 host trees were routinely sampled (one 45-cm mid-crown branch/tree) to assess insect and host-tree shoot development.

Concurrently, a trained observer made low-level aerial reconnaissance flights to observe the progression of shoot flushing on balsam fir and other tree species within areas scheduled for treatment. Aerial and ground observations were jointly evaluated to determine when blocks were biologically ready for treatment.

Biological criteria used to time spray applications were similar to those used in previous years. Areas to be treated with fenitrothion were considered biologically ready when samples of balsam fir met the following criteria:

- majority of budworm in third instar; all budworm larvae feeding in the shoots or flowers; and the shoots in Class 3 and 4 (i.e. needles exposed on new shoots, or buds starting to flare) (Dorais and Kettela, 1982),

and in blocks having a significant composition of red-black spruce, when samples of spruce met the following criteria:

- majority of budworm in 3rd instar, all larvae migrated from mines in old needles and silking outside buds, or beginning to tunnel into them.

Areas to be treated with B.t. were considered biologically ready for treatment when balsam fir samples met the following criteria:

- majority of budworm in or beyond third instar; budworm larvae feeding in the shoots or flowers; and the shoots in Class 4 and 5 (i.e. majority of shoots starting to flare, or fully flushed) (Dorais and Kettela, 1982).

A total of 767 development samples taken from 254 locations were used to time spray applications.

2.2 Pre-spray Population Sampling

Prior to spraying, plot locations were established to assess pre-spray larval densities in transects distributed throughout treated and untreated check areas. Each transect contained a number of plot locations with typically 5 trees/plot (a few plots contained 10 trees/plot). Sampling was conducted after 100% larval emergence. Larval index[4] at the time of sampling was between 2.5 and 3.0. One mid-crown 45-cm branch sample was collected from each tree. In the lab, pre-spray population levels were determined by counting the number of larvae and buds or shoots on each branch. Populations could then be expressed as number of larvae/branch or number of larvae/bud. This information was used to evaluate foliage protection in relation to pre-spray larval densities.

Additional pre-spray sampling was also done in a number of blocks detected as having low larval populations during development sampling. In 1990, sampling confirmed low larval numbers in a subset of these blocks resulting in the cancellation of 5 127 ha of proposed spraying.

2.3 Post-spray Development Sampling

Sampling was continued after spraying had commenced to monitor insect numbers and development (larval to pupal stage), and assess current defoliation levels. Host trees were sampled at previously established development locations, as well as new locations.

---

[4] Larval Index = Σ((no. of 2nd instar larvae X 2)+(no. of 3rd instar larvae X 3)+ ....+(no. of pupae X 7)) / total no. of larvae.

Post-spray development information was used to decide whether the second spray application was needed, or whether treatment should be discontinued because of advanced larval development and feeding damage. Based on information collected during the post-spray sampling period, no scheduled second applications were cancelled.

Information on pupation and cessation of feeding was used to determine when to commence aerial and ground surveys of tree defoliation.

2.4 Defoliation Surveys

After aerial spraying and larval feeding were finished, the extent and severity of defoliation throughout the Province was surveyed from the air. Flying east-west flight lines approximately 5-km apart at an altitude of 150-300 m, trained aerial observers, in Cessna 172 type aircraft equipped with Loran C navigation, rated and sketched areas of light, moderate and severe defoliation on 1 cm = 1.9 km (1 inch = 3 mile) maps. No attempt was made to assess aerial defoliation on a block-specific basis.

As well, final percent defoliation and budworm survival in sprayed and unsprayed transects were determined using a ground survey. Larval index at the time of sampling was approximately 6.8 to 7.0 (i.e. predominantly pre-pupae and pupae). One 45-cm mid-crown branch was collected from the same trees sampled during the pre-spray larval population survey. In the field, the number of surviving insects per branch was assessed. In the lab, tree defoliation was rated (Fettes, 1950) by estimating the amount of needle loss on 50 current shoots per branch.

2.5 L2 Survey

Since 1985, the over-wintering larval or L2 survey has been adopted as the method of forecasting the distribution and intensity of budworm infestation for the ensuing year. Typically initial and supplementary L2 surveys are conducted. The initial L2 survey (about 1200 sample locations) is used to generate a forecast map used for spray program planning. This forecast is supplemented over the winter months with information from approximately 700 to 800 additional locations. During both surveys standard 75-cm mid-crown branches are collected from host trees in budworm susceptible stands throughout the Province. In the lab these branches are subsequently processed to determine the mean number of over-wintering (L2) larvae per branch. Densities of over-wintering larvae were used to forecast locations of low, moderate, high, or extreme populations (Dorais and Kettela, 1982).

Using results from the initial L2 survey, areas with consistent numbers of sample locations containing moderate to extreme populations were hand contoured. Areas which lacked consistent populations, i.e. contained a mixture of sample locations ranging from low to extreme populations were also hand contoured and classed as areas of variable populations.

3. OVERVIEW OF BUDWORM DAMAGE IN 1990

3.1 Aerial Survey of Defoliation[a]

Following preliminary aerial reconnaisance flights, the aerial survey commenced on July 10th and was completed on July 13th. Visibility was good on all 4 days. Supplementary reconnaissance flights on several more days failed to detect new areas of defoliation.

The aerial survey detected 60 000 ha of light, 146 000 ha of moderate, and 91 000 ha of severe defoliation (Figure 2). The combined area of moderate and severe defoliation was 40 percent less than last year (Table 3). A review of records determined this year's area of moderate and severe defoliation to be the lowest since 1967. In fact, the area of defoliation has been less than that of 1990 only four times since 1949.

Most (75%) of the moderate and severe defoliation was detected within the forecasted area of moderate to high populations (Figure 3). In contrast, 13% of the total moderate and severe defoliation was found within the variable forecast. Only 12% of the detected moderate to severe defoliation was outside the forecast. Patches of predominantly light defoliation were also detected in northern and central portions of the Province. Southern, western and eastern portions of the Province remained relatively undamaged.

---

[a] The aerial survey was conducted by the DNRE with partial funding from Forestry Canada-Maritimes.

Table 3. Areas defoliated by spruce budworm in New Brunswick from 1975 to 1990.

	DEFOLIATION CATEGORY (ha x 10^3)		
Year[a]	Light	Moderate & Severe	Totals
1975	820	3 567	4 387
1976	192	404	596
1977	123	481	604
1978	141	669	810
1979	105	1 320	1 425
1980	176	673	849
1981	135	1 221	1 356
1982	185	1 202	1 387
1983	301	2 028	2 329
1984[b]	-	730	730
1985[b]	-	1 071	1 071
1986	160	927	1 087
1987	88	430	518
1988	43	500	543
1989	67	396	463
1990	60	237	297

[a] Data from 1975 to 1983 from Kettela (1983), balance from DNRE files.

[b] Light defoliation not recorded.

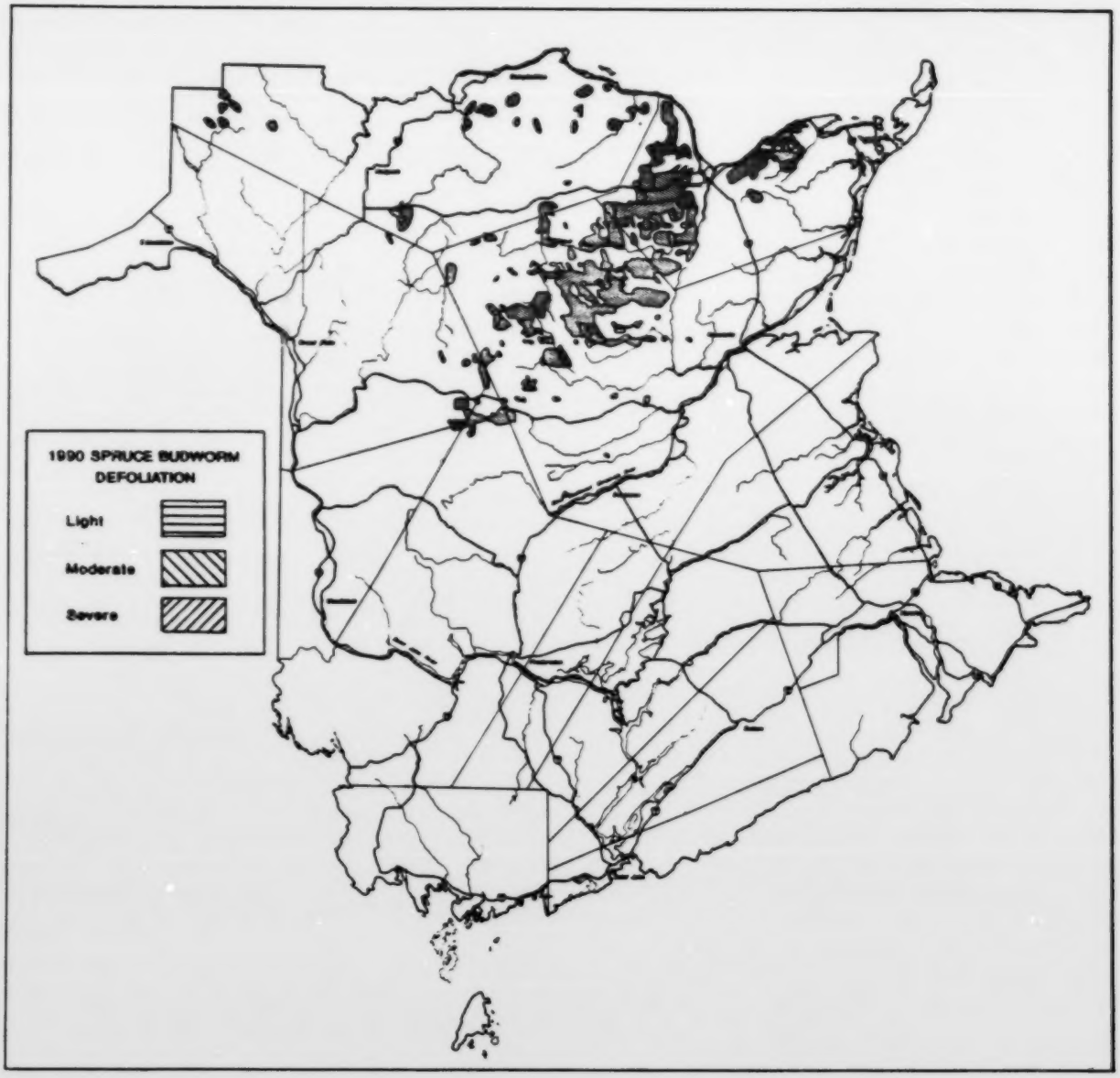


Figure 2. Areas of light, moderate and severe defoliation caused by spruce budworm in New Brunswick in 1990.

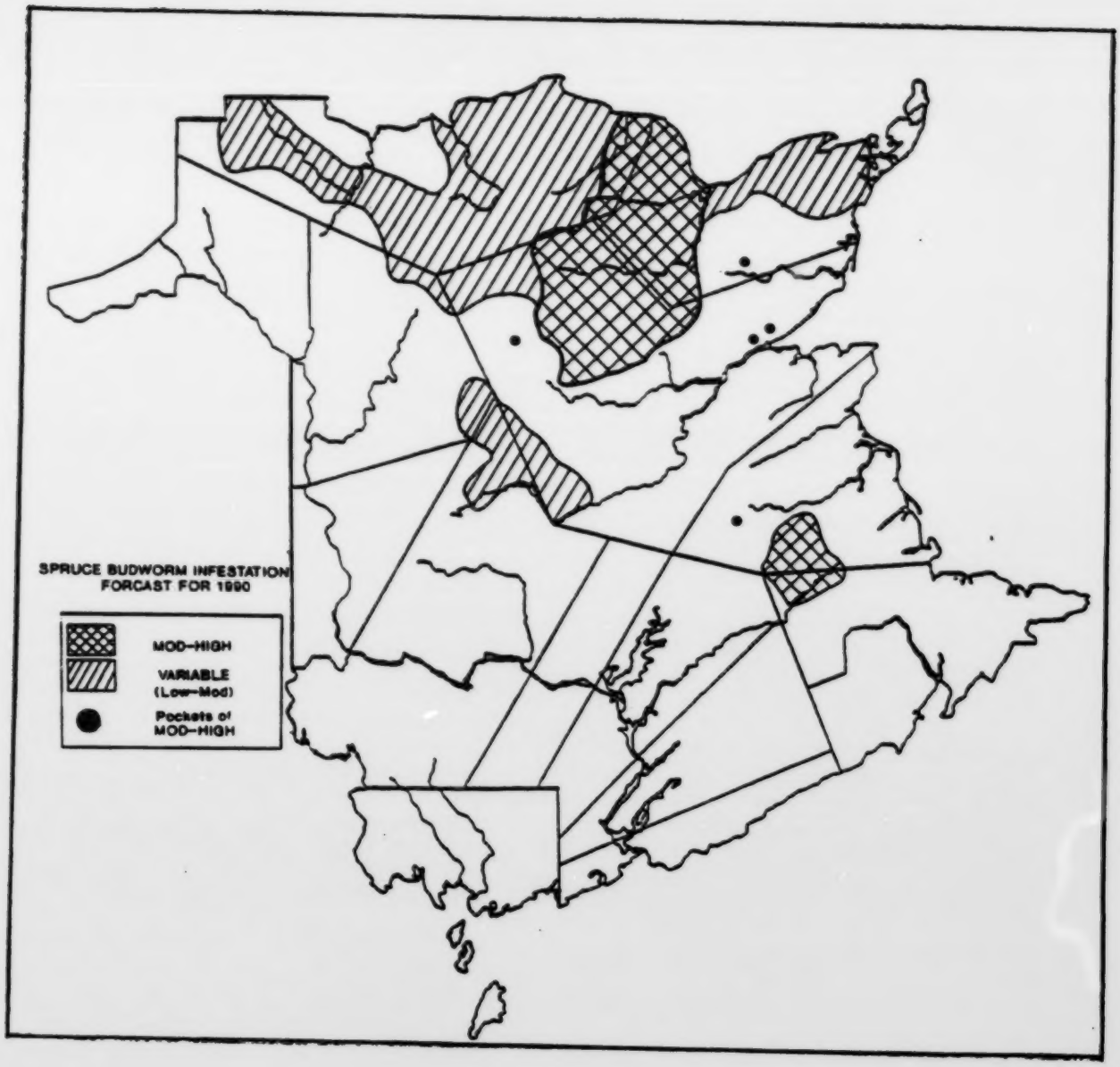


Figure 3. Areas forecast to have variable (low to moderate) and moderate to high spruce budworm populations in New Brunswick in 1990 (Carter, 1990).

4. EFFECTIVENESS OF SPRAY OPERATIONS

4.1 Objectives of Protection

The annual protection program is a "foliage protection" program intended to minimize the amount of insect-caused defoliation on host trees. For mature and over-mature trees, the objective is to retain 60% or more of the current year's needles on balsam fir, and 50% or more of the current year's needles on red-black spruce. In plantations or thinned stands, the objective is to retain 80% or more of the current year's needles on host trees. This higher foliage protection objective is intended to facilitate volume increment and ensure the expected contributions of these stands to the future wood supply.

When pre-spray populations are very high or extreme, damage often exceeds the foliage protection objectives desired. Nevertheless, when such is the case, a spray program might still be considered successful if a complement of vegetative buds is retained for the following year which would have been destroyed without protection.

4.2 Factors Affecting Foliage Protection Results

The amount of foliage protection afforded annually depends on many factors (Carter, 1988). Currently, DNRE considers three factors when assessing treatments: pre-spray population levels, spray timing, and post-spray weather.

Deposit of insecticide in the larval microhabitat and on the foliage prior to extensive feeding is necessary to protect against defoliation. Whereas chemical insecticides have two modes of action and can cause larval mortality by contact or ingestion, B.t. has only one mode of action and must be eaten to be effective. Therefore an "adequate" deposit of insecticide at the appropriate time is important for protection, and weather after application must be conducive to larval feeding. Unfortunately, no easily affordable method exists to "blind test" operational spray deposit. Hence, although the recommended spray technology is employed it does not guarantee adequate deposit. Consequently operational results reflect what happened, but do not fully explain why.

4.3 Foliage Protection Results

Based on the forecast for 1990 which predicted varying levels of feeding pressure, it was decided to assess foliage protection results for treatments in three different areas: i) within the area forecast to have moderate to high (M-H) populations in northern N.B., ii) within the area forecast to have variable populations in northern N.B., and iii) remaining blocks within the central and southern portions of the province where the infestation has shown a declining trend for several years. Foliage protection was assessed using information from both ground and aerial surveys.

4.3.1 Ground Assessments

- Spray Timing

For different geographic areas of the province and different phenological categories, larval and shoot index results were plotted over time and overlayed with appropriate periods during which spraying was conducted. Results indicated that all blocks received first applications at the prescribed timings (Section 2.1). Also, all spray applications were completed between third and fifth instar larval development. Since sixth instar larvae generally do most of the feeding (Koller and Leonard, 1981), spraying was completed before the onset of major feeding by later instar larvae.

- Post-spray Weather

Research has shown that cold, wet weather within 24 hours after spraying impacts negatively on B.t. efficacy by limiting budworm feeding (Kettela, Forestry Canada-Maritimes,pers. comm.). Therefore, post-spray weather from twelve weather stations, representing different geographic areas of the province, was examined.

Temperature data were plotted over time and overlayed with appropriate periods of spraying. During the treatment period, daily high temperatures ranged from 15-31°C. Except for a few days, where minimum temperatures fell below 5°C, daily lows were more commonly in the 5-15°C range. Mid-day temperatures (13:00 h) were within the 10-30°C range. Overall, post-spray temperatures during treatment periods were very favourable for budworm activity and feeding.

The localized nature of rainshowers makes it less accurate to extrapolate rainfall information from fixed stations. Nevertheless, rainfall (mm) data were similarly plotted. Within the treatment period, rainfall exceeding 5 mm was recorded on only 1-2 days. Consecutive days of rainfall exceeding 5 mm were recorded at Heath Steele from June 17th to June 25th. Nine flight lines within one B.t. treatment block (A-15) may have received heavy rainfall (25 mm) within this period. No comparisons of percent defoliation levels between affected and unaffected areas could be conducted as treatment plots did not fall within the flight lines indicated.

- Foliage protection results based on pre-spray larval densities.

i) **Results in the M-H forecast in northern N.B.**

Within this area, 1 493 trees were assessed for pre-spray populations, final post-spray populations, and percent current defoliation. This was the most intensively sampled area accounting for 69% of the total number of trees assessed. Three treatments were evaluated: 1. 2X210 g/ha fenitrothion (2XFEN.), 2. 2X15 BIU/ha B.t. (2XB.t.), and 3. 1X210 g/ha fenitrothion + 1X15 BIU/ha B.t. (FEN.+B.t.). Pre-spray larval densities in treated and untreated transects were generally similar in distribution (Figure 4).

To evaluate treatment efficacy final percent current defoliation was examined in relation to pre-spray larval densities. Using non-linear regression analysis techniques and individual tree data from untreated samples, curves of percent larval mortality (Figure 5) and percent expected defoliation (Figure 6) versus pre-spray larval density were generated. The resulting regression equations were used with pre-spray larval data from trees in treated areas to estimate percent mortality and percent defoliation expected to occur in the absence of treatment. This provided the necessary information to calculate values of corrected mortality or mortality due to insecticide (Abbott, 1925), and values of percent reduction in defoliation for treated samples.

For a broad overview, means were calculated for treated blocks and untreated transects (Table 4). Examination of mean percent defoliation, mean absolute reduction in defoliation and mean percent reduction in defoliation indicated benefits by each treatment. Differences in levels of foliage protection by treatment were apparent.

Trends in treatment efficacy were examined using non-linear regressions of percent current defoliation versus larvae/bud (Figure 7). Regression lines were lower for each treatment compared to the untreated regression line. Defoliation was generally 20% lower in the fenitrothion versus the B.t. treatment across all pre-spray larval densities.The regression line for the fenitrothion plus B.t. treatment was intermediate between the fenitrothion, or B.t. treatments, but varied with larval density.

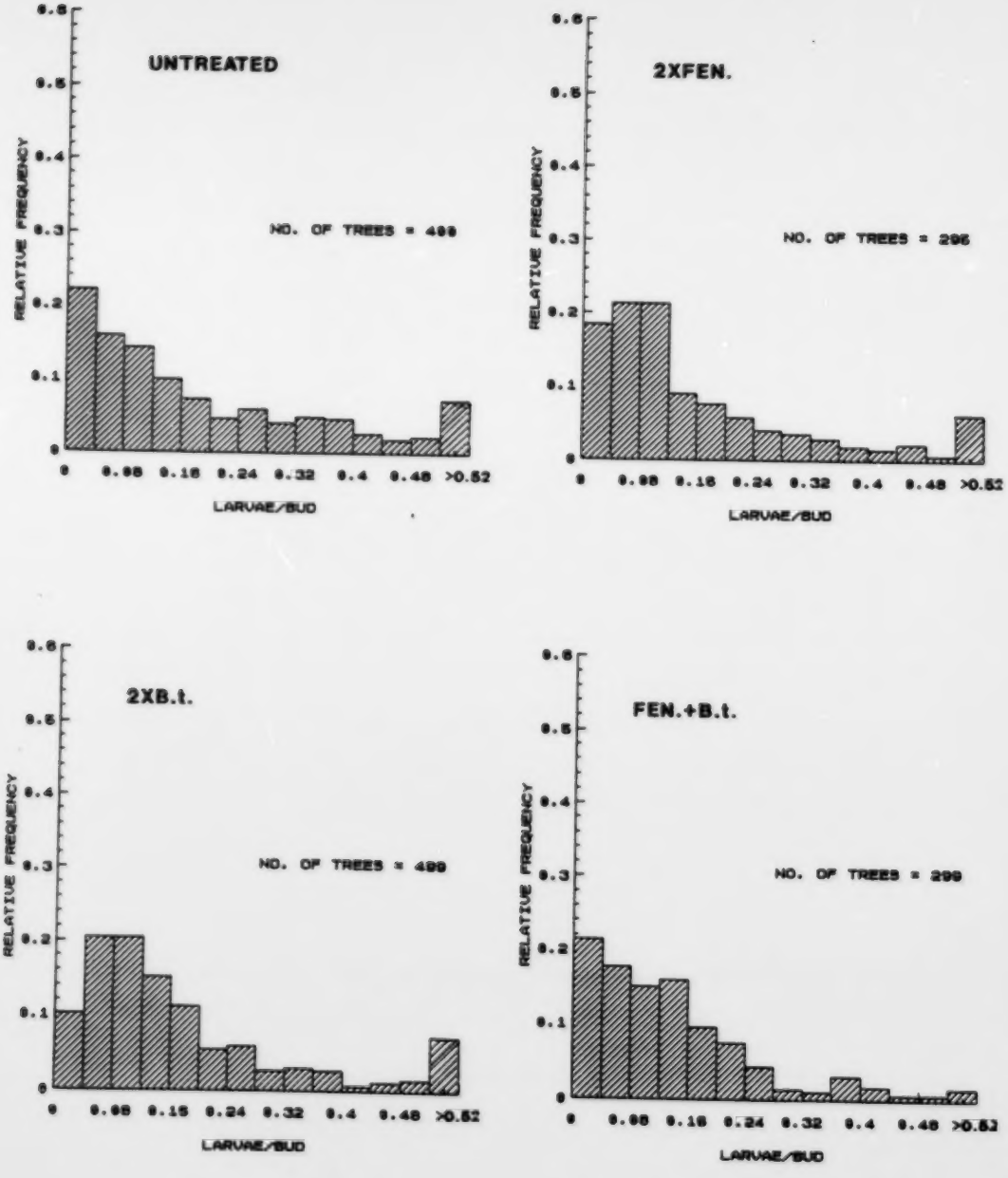


Figure 4. Distribution of pre-spray larval populations in treated and untreated transects within the M-H forecast area in northern N.B. in 1990.

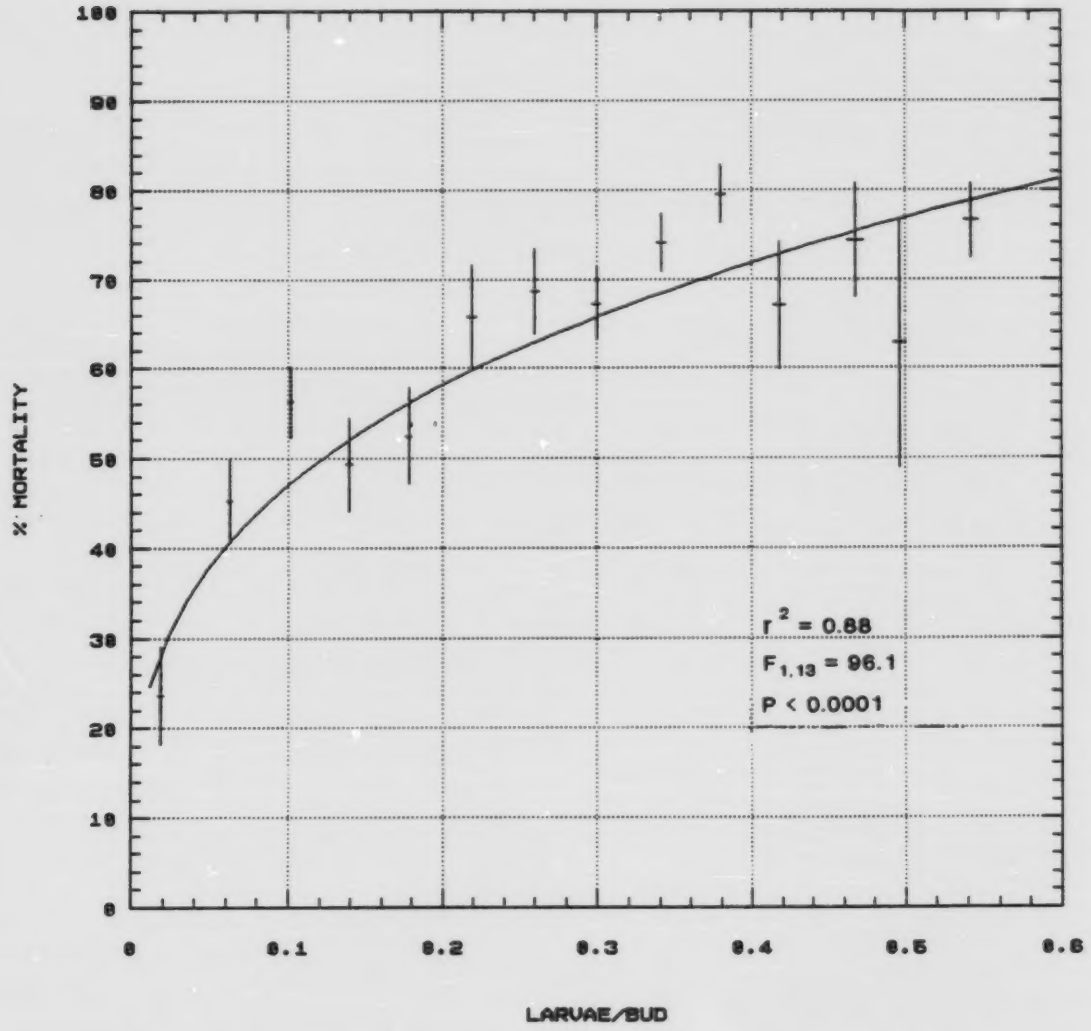


Figure 5. Relationship (regression line, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent larval mortality in untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.

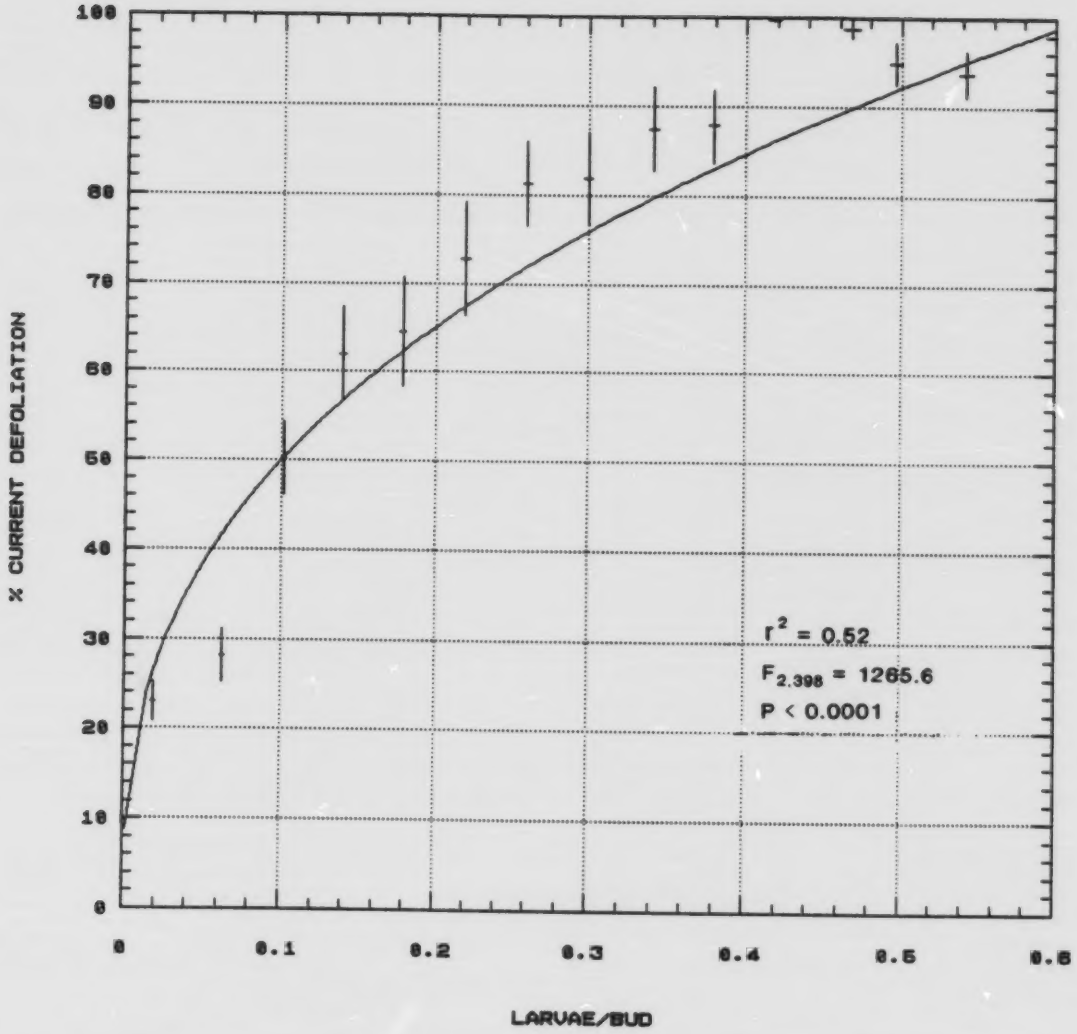


Figure 6. Relationship (regresssion line, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.

Table 4. Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir in treated and untreated transects within the M-H forecast area in northern N.B. in 1990.

		Pre-Spray Larvae		% Mortality		Defoliation		Reduction in Defoliation	
Block	n	/45-cm	/bud	Obs.	Corr.	Exp.%	Obs.%	Abs.[a]	%[b]
Bathurst and Newcastle:									
Fenitrothion - 2 X 210 g/ha									
A-5	70	6.4	.069	97.6	96.9	39.5	2.2	37.3	93.9
A-10	100	16.0	.184	88.3	76.7	57.3	17.2	40.2	71.6
A-11	25	24.7	.309	78.3	55.6	71.4	41.9	34.1	51.1
A-16	100	12.9	.205	92.8	84.8	56.4	25.6	32.2	62.9
Bacillus thuringiensis - 2 X 15 BIU/ha									
A-4	100	11.8	.109	66.6	45.6	48.9	12.6	36.6	74.0
A-5	100	12.7	.126	70.3	51.7	51.2	21.6	30.5	60.4
A-10	75	19.4	.197	65.8	34.9	60.7	53.0	14.5	25.3
A-11	25	16.6	.132	66.7	38.7	53.7	42.1	16.4	30.9
A-14	100	21.1	.188	77.1	57.3	55.8	44.2	18.5	33.7
A-15	99	25.4	.359	72.9	41.1	73.3	60.6	18.1	26.7
Fenitrothion(210 g/ha) + B.t.(15 BIU/ha)									
A-12	99	7.1	.100	64.7	50.3	44.5	24.4	25.2	59.5
A-13	100	15.4	.186	77.3	59.3	59.9	39.3	23.1	38.0
A-17	100	7.9	.132	76.7	59.9	47.4	16.0	32.8	74.1
Untreated									
C-101	75	26.4	.318	60.9	-	-	83.4	-	-
C-102	50	51.1	.486	68.5	-	-	99.8	-	-
C-103	75	20.7	.236	57.8	-	-	74.5	-	-
C-201	100	3.4	.056	38.1	-	-	21.4	-	-
C-202	100	6.3	.091	56.4	-	-	37.2	-	-

[a] Absolute reduction in defoliation= Σ(Exp.% - Obs.%)/n

[b] % Reduction in Defoliation= Σ(((Exp.% - Obs.%)/Exp.%) X 100)/n

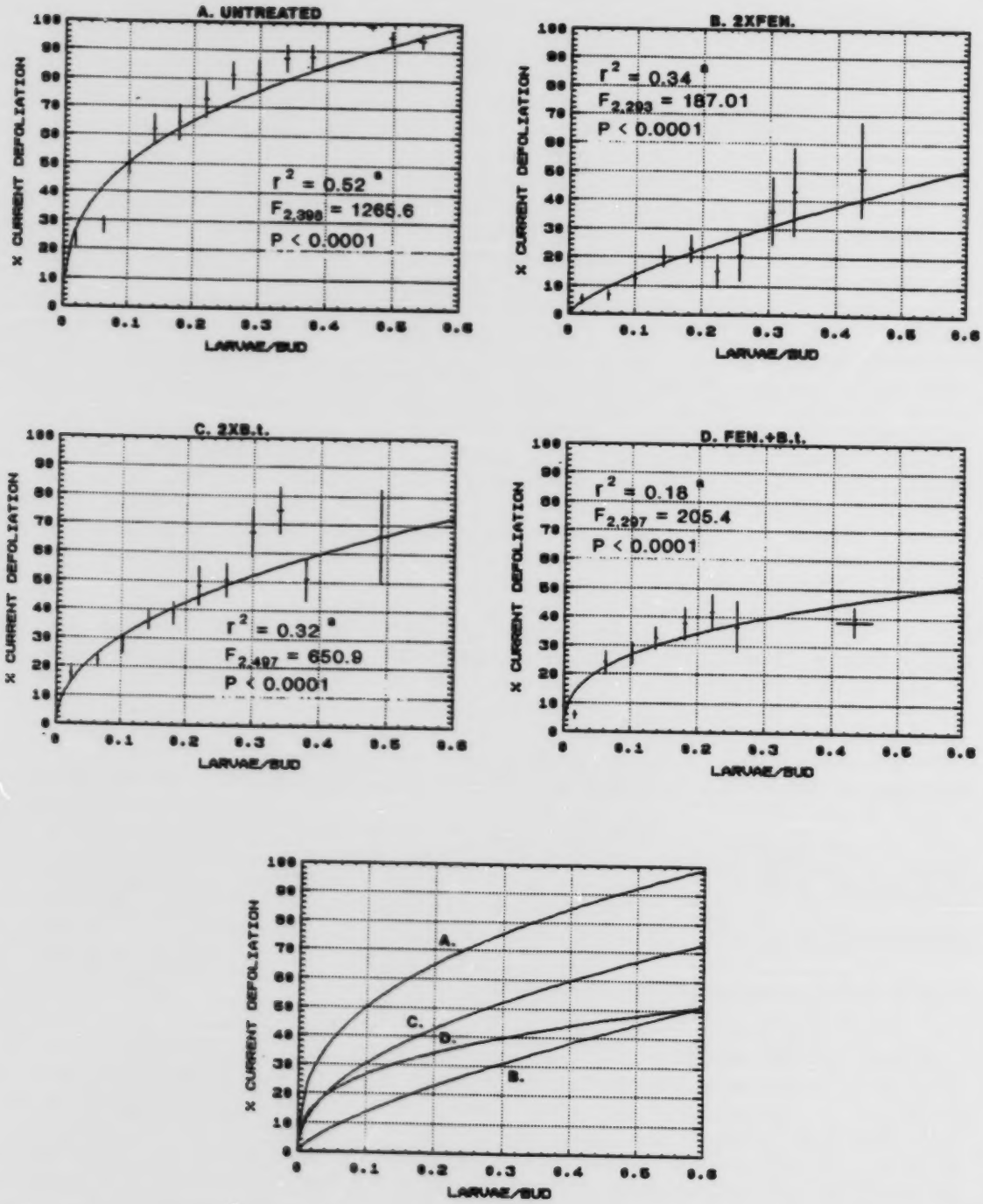


Figure 7. Relationships[a] (regression lines, means, standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in treated and untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.

---

[a] r^2 values for regressions of means were substantially higher (UNTREATED: r^2=0.92; 2XFEN: r^2=0.89; 2XB.t.: r^2=0.91; FEN+B.t.: r^2=0.86).

Because the data were not normally distributed, non-parametric statistical tests were used to evaluate differences between treatments. For each treatment, data were pooled into four broad population classes (low: 0 to 0.1 larvae/bud; moderate: > 0.1 to 0.2 larvae/bud; high: > 0.2 to 0.3 larvae/bud; extreme: > 0.3 larvae/bud). For each class and treatment, results of larvae/bud, percent mortality, corrected mortality, percent defoliation and percent reduction in defoliation were summarized (Table 5) and evaluated (Kruskal-Wallis) for statistical differences. Where significant differences were detected, comparisons were made between all possible (i.e. 6) combinations of two treatments using the Wilcoxon two-sample test for non-paired samples(Daniel, 1990). This analysis supported original interpretations of treatment efficacy. At similar[a] larval densities not only were the same trends found in foliage protection, but differences in larval mortality were also noted which reflected foliage protection results. Mortality levels in the fenitrothion treatment were higher than levels in the other two treatments, and there was little or no difference in mortality between the B.t. treatment and fenitrothion plus B.t. treatment.

To further assess foliage protection differences between treatments, the distribution of samples in 20% current defoliation classes was examined for each population class (Figure 8). Comparisons of defoliation showed benefits due to treatment, and differences in foliage protection between treatments were again apparent. For example, the higher proportion of trees in the lower defoliation classes in the fenitrothion versus the B.t. treated areas clearly indicates a greater benefit due to treatment with fenitrothion. From low to high population levels the fenitrothion treatment provided better protection than the fenitrothion plus B.t. treatment but little or no difference could be seen between the B.t. treatment and fenitrothion plus B.t. treatment. At extreme populations there appeared to be little difference in the levels of foliage protection provided by either the fenitrothion or fenitrothion plus B.t. treatment.

Overall, the percentage of trees meeting the foliage protection objective for balsam fir was 85%, 60%, and 72% for fenitrothion, B.t., and fenitrothion plus B.t., respectively. In contrast, only 38% of the trees in untreated transects had defoliation less than the objective. Based on the regression lines, defoliation generally exceeded the foliage protection objective at pre-spray larval densities greater than 0.18, 0.30, and 0.44 larvae/bud in B.t., fenitrothion plus B.t., and fenitrothion treatments, respectively.

---

[a] Non-parametric results for larvae/bud indicate no statistical differences in initial pre-spray population densities between treatments in moderate, high and extreme population classes.

Table 5. Means, standard errors and non-parametric (Kruskal-Wallis; Wilcoxon two-sample test ($P < 0.05$)) results for treatments within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.

Pre-spray Population Range (Larvae/Bud)	Treatments*	n	Larvae/Bud x ± SE	NP**	% Mortality x ± SE	NP	Corrected Mortality x ± SE	NP	% Defoliation x ± SE	NP	% Reduction in Defoliation x ± SE	NP
≤ 0.1	Untreated	164	.044±.003	a	39.3±3.3	a			27.1±1.7	d		
(LOW)	2XFEN.	141	.052±.002	b	90.3±2.0	d	86.3±2.4	c	7.8±1.1	a	81.8±2.1	c
	2XB.T.	189	.061±.002	c	58.6±2.6	b	43.9±2.8	a	21.5±1.6	c	54.4±2.5	a
	FEN.+B.T.	137	.046±.003	ab	64.9±3.6	c	54.9±4.1	b	16.2±1.9	b	66.0±3.2	b
>0.1 ≤ 0.2	Untreated	94	.142±.003	a	51.2±3.1	a			61.7±3.2	c		
(MODERATE)	2XFEN.	74	.142±.004	a	91.4±1.5	c	81.7±3.0	b	17.5±2.0	a	70.3±3.1	b
	2XB.T.	170	.145±.002	a	74.0±1.6	b	49.5±2.5	a	35.4±2.1	b	46.1±2.7	a
	FEN.+B.T.	97	.144±.003	a	74.0±2.7	b	54.6±3.7	a	32.7±2.7	b	49.3±3.6	a
>0.2 ≤ 0.3	Untreated	48	.252±.004	a	68.0±3.1	a			77.5±3.4	c		
(HIGH)	2XFEN.	29	.240±.004	a	94.5±2.0	d	86.9±3.8	c	18.4±4.7	a	75.3±5.9	b
	2XB.T.	60	.248±.004	a	75.2±2.6	b	43.8±4.2	a	53.1±4.1	b	32.8±4.7	a
	FEN.+B.T.	38	.239±.004	a	86.5±2.9	c	69.8±4.8	b	41.4±4.7	b	44.2±5.9	a
>0.3	Untreated	94	.510±.027	a	75.5±1.9	a			92.8±1.4	c		
(EXTREME)	2XFEN.	51	.523±.032	a	90.8±2.4	c	69.8±5.1	b	50.0±5.3	a	46.7±5.4	b
	2XB.T.	80	.565±.028	a	86.7±1.1	b	46.4±5.5	a	70.1±3.1	b	25.3±3.1	a
	FEN.+B.T.	27	.455±.029	a	85.8±2.9	b	52.7±7.5	a	36.5±5.4	a	58.8±5.9	b
Pooled	Untreated	400	.201±.011	bc	55.1±1.7	a			56.7±1.8	d		
	2XFEN.	295	.175±.011	ab	91.1±1.1	d	82.2±1.7	c	18.6±1.5	a	72.2±1.8	c
	2XB.T.	499	.193±.009	c	70.5±1.3	b	46.2±1.7	a	37.8±1.4	c	44.3±1.6	a
	FEN.+B.T.	299	.139±.008	a	73.2±1.9	c	56.6±2.4	b	26.6±1.6	b	57.2±2.1	b

* Treatments: Untreated - Unsprayed transects
2XFEN. - Fenitrothion @ 2 X 210 g/ha
2XB.T. - Futura XLV-HP @ 2 X 15 BIU/ha
FEN.+B.T. - Fenitrothion @ 1 X 210 g/ha + Futura XLV-HP @ 1 X 15 BIU/ha

** Same letters indicate no statistical difference between indicated treatments for a given population range.

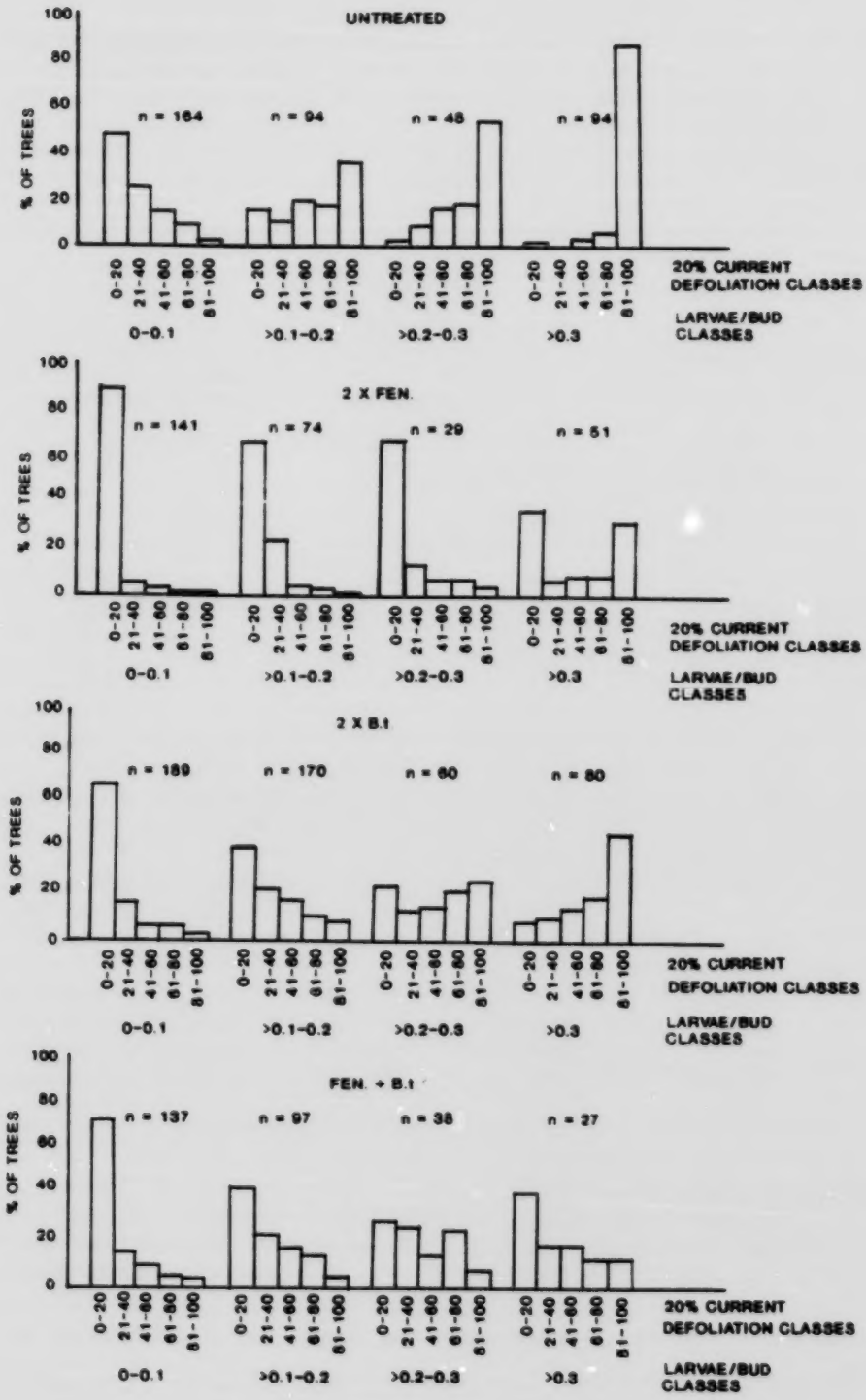


Figure 8. Distribution of percent current defoliation levels in treated and untreated transects within the M-H forecast in northern N.B. in 1990.

ii) Results in the variable forecast in northern N.B.

Two treatments were used within the area forecast to have variable populations in northern N.B., viz. fenitrothion, and fenitrothion plus B.t. A total of 465 trees were assessed for pre-spray and post-spray populations and final defoliation. In contrast to pre-spray populations in the M-H forecast, a greater proportion of samples in the variable forecast fell within lower population classes (Figure 9) supporting the decision to stratify the data for anyalsis.

For an overview, means were calculated for treated blocks and untreated transects (Table 6). Comparing mean observed defoliation to mean expected defoliation, benefits due to treatment were seen. Pooling the data by treatment, regression analysis (Figure 10) again indicated benefits due to treatments with fenitrothion alone providing slightly better foliage protection than the combined treatment. Pooling the data by treatment and population classes, the distributions of percent defoliation results (Figure 11) were examined. Again the fenitrothion treatment appeared to provide slightly better protection.

Table 6. Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir in treated and untreated transects within the variable forecast area in northern N.B. in 1990.

		Pre-Spray Larvae		% Mortality		Defoliation		Reduction in Defoliation	
Block	n	/45-cm	/bud	Obs.	Corr.	Exp.%	Obs.%	Abs.[a]	%[b]
Campbellton:									
Fenitrothion - 2 X 210 g/ha									
A-1	50	8.1	.083	95.6	89.8	46.6	8.9	37.8	82.8
A-4	50	4.7	.062	97.7	92.9	35.4	1.6	33.8	90.5
A-5	50	4.6	.059	95.4	85.8	38.2	5.4	32.8	90.0
A-8	40	5.3	.059	98.9	96.6	39.2	9.4	35.7	89.4
Fenitrothion(210 g/ha) + B.t.(15 BIU/ha)									
A-8	50	10.7	.115	81.9	69.8	54.5	14.1	41.0	74.3
Untreated									
C-501	100	1.0	.014	100.0	-	-	1.0	-	-
C-502	50	3.2	.046	67.6	-	-	19.3	-	-
C-503	50	11.7	.114	46.3	-	-	70.0	-	-
C-504	25	12.3	.152	33.9	-	-	77.9	-	-

[a] Absolute reduction in defoliation= Σ(Exp.% - Obs.%)/n

[b] % Reduction in Defoliation= Σ(((Exp.% - Obs.%)/Exp.%) X 100)/n

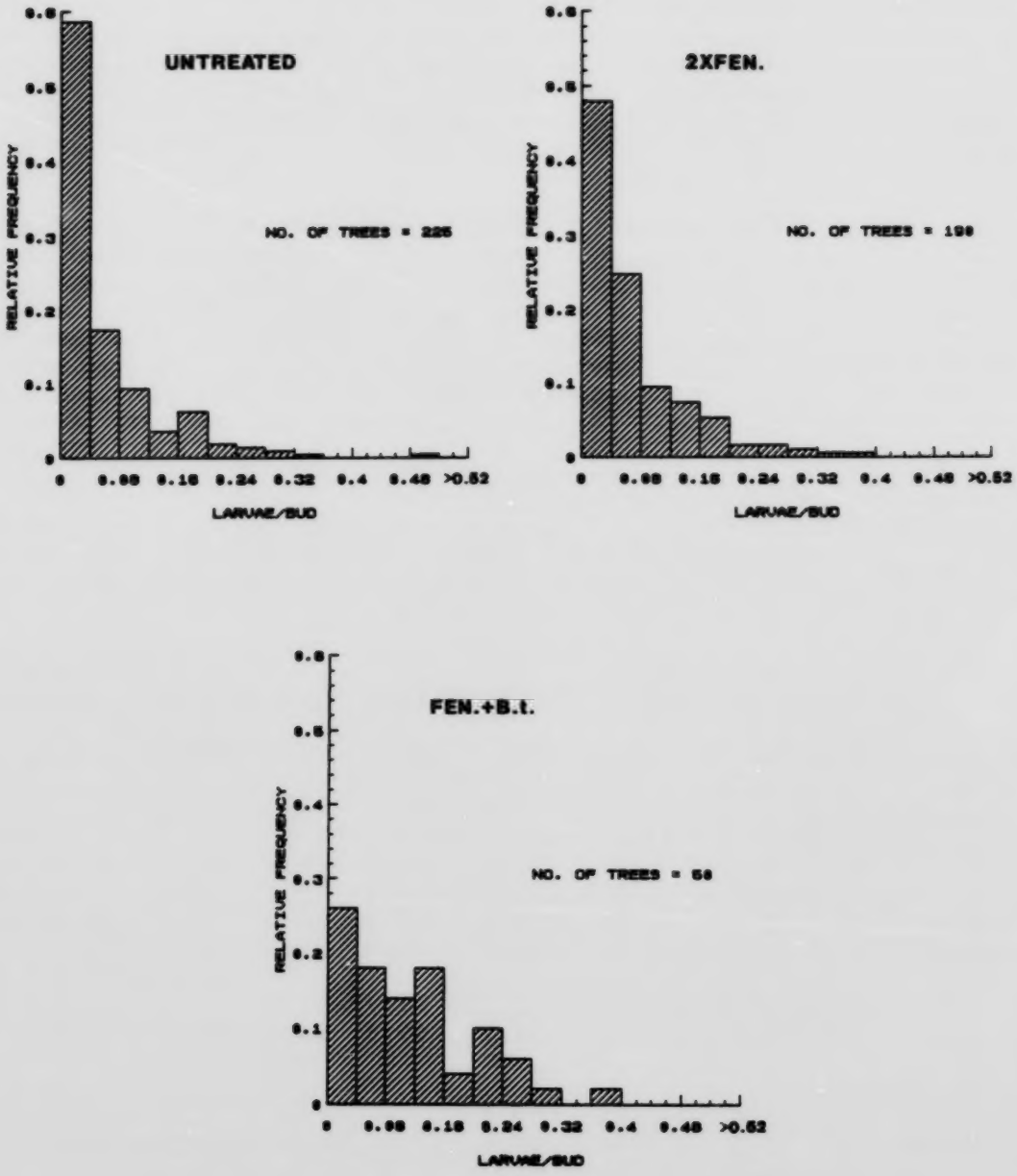


Figure 9. Distribution of pre-spray larval populations in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.

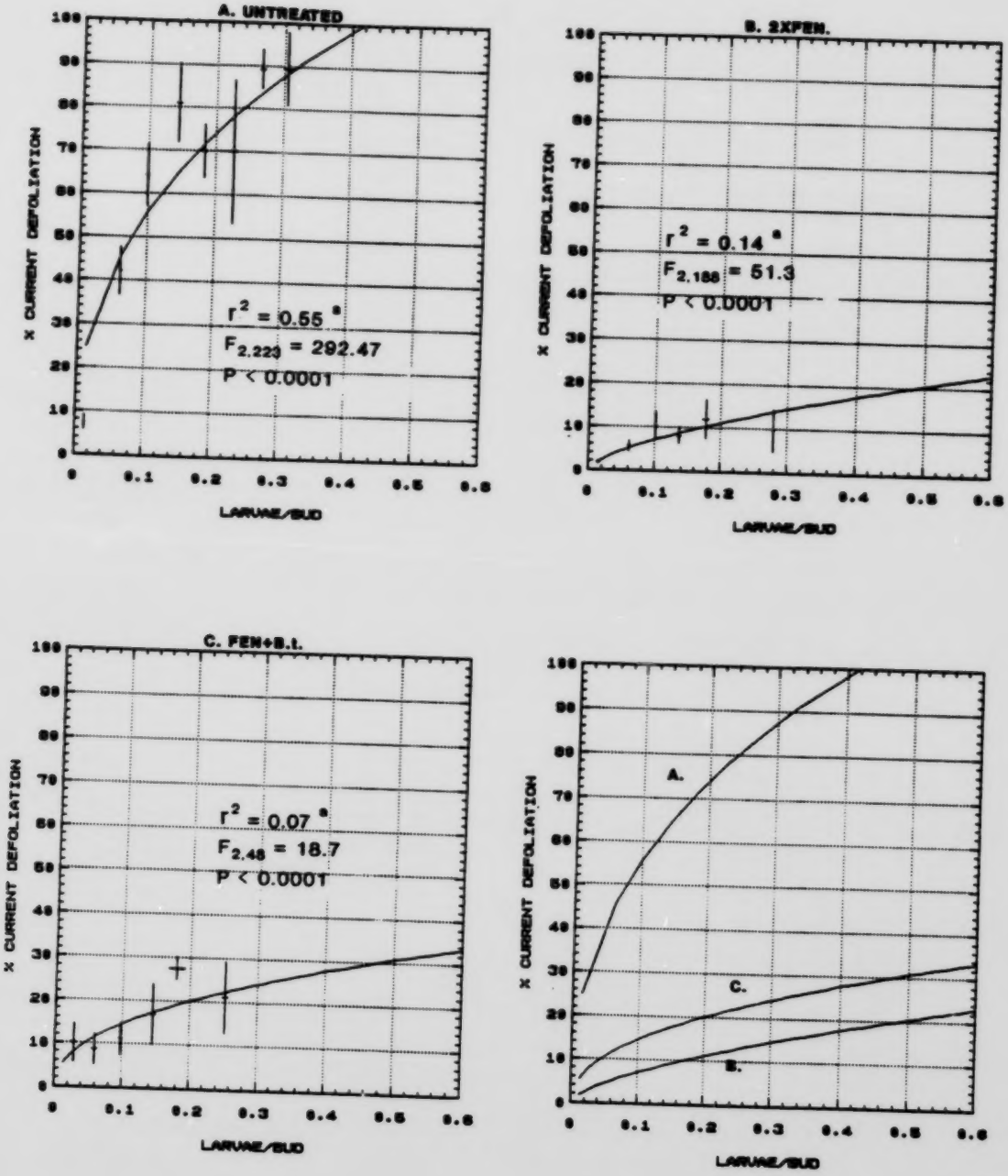


Figure 10. Relationships[a] (regression lines, means and standard errors) between pre-spray larval populations and percent current defoliation in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.

---

[a] r^2 values for regressions of means were substantially higher (UNTREATED: r^2=0.88; 2XFEN: r^2=0.87; FEN + B.t.: r^2=0.69).

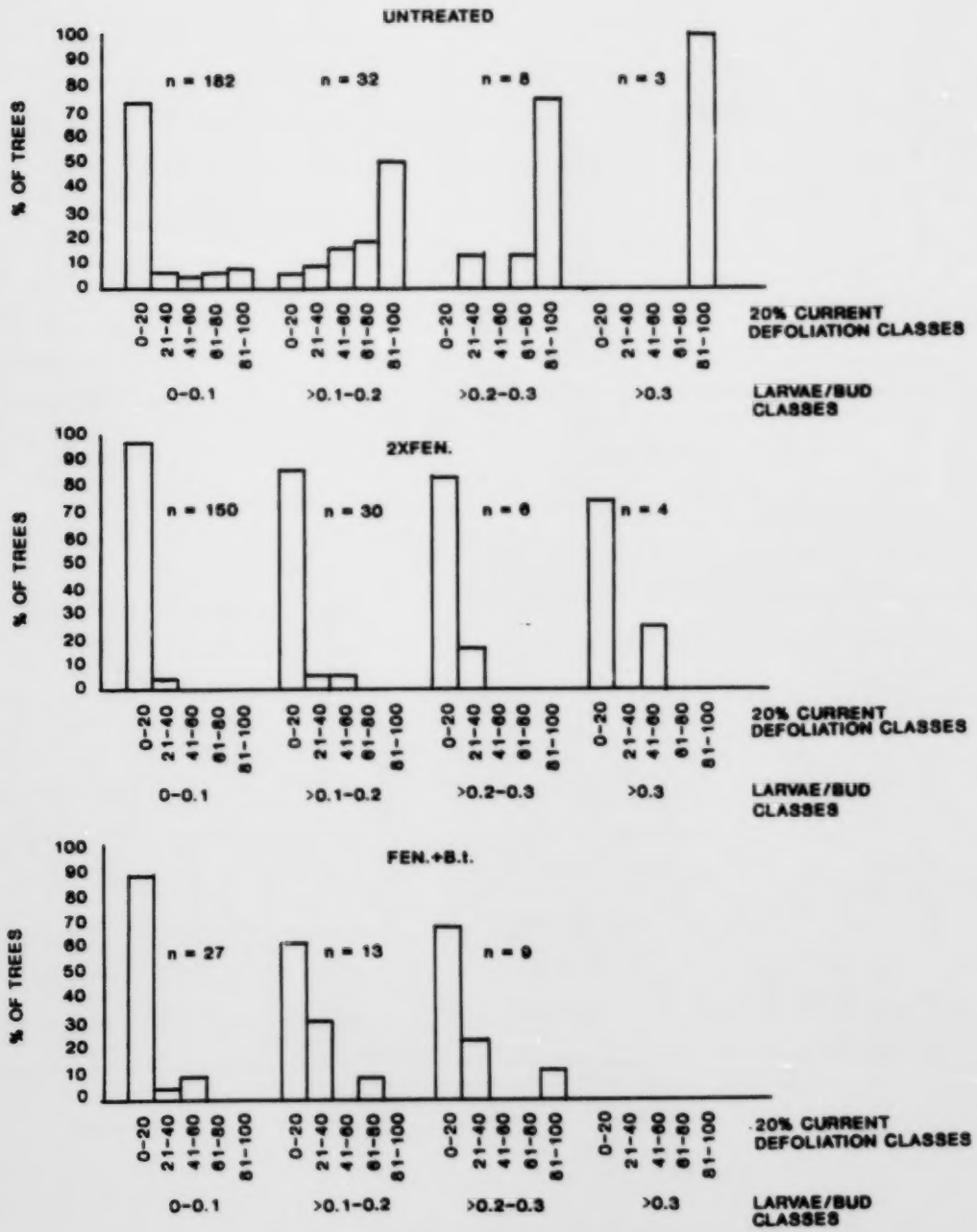


Figure 11. Distribution of percent current defoliation levels in treated and untreated transects within the variable forecast in northern N.B. in 1990.

Of the total number of balsam fir trees in fenitrothion, and fenitrothion plus B.t. transects 98% and 92% met the foliage protection objective, respectively. In contrast, 68% of the balsam fir trees in untreated transects met the objective.

iii) **Results in Central and Southern New Brunswick**

Within this area only fenitrothion was used and only 100 balsam fir and 95 red/black spruce trees were sampled. Means for treated blocks and untreated transects were calculated (Table 7). Considering the low sample sizes, only the following general observations were made:

- mean pre-spray larval densities were higher on balsam fir trees in the treated transects than in the untreated transects;
- mean defoliation on balsam fir trees from treated and untreated transects did not exceed the foliage protection objective;
- observed defoliation levels appeared lower on red/black spruce than balsam fir based on similar pre-spray larval densities;
- despite pre-spray populations which were one and a half to two times higher in block A-21, average defoliation on red/black spruce was two-thirds lower versus defoliation in untreated transects.

Table 7. Mean larval numbers, larval mortality, and tree defoliation on balsam fir and red-black spruce in treated and untreated transects in Central and Southern New Brunswick in 1990.

		Pre-Spray Larvae		% Mortality	% Defoliation
Block	n	/45-cm	/bud	Observed	Observed
Fenitrothion - 2 X 210 g/ha					
Balsam Fir					
A-19	25	12.2	.135	70.2	31.9
A-20	25	14.5	.147	94.3	23.9
Untreated					
C-419	25	3.8	.048	86.0	9.0
C-420	25	8.8	.097	78.4	22.8
Red/Black Spruce					
A-21	20	19.5	.193	90.7	3.0
A-22	25	3.0	.027	90.2	0.7
Untreated					
C-321	30	12.2	.089	81.0	8.7
C-322	20	9.7	.080	64.1	10.6

4.3.2 Aerial Assessment

Of the total area of moderate and severe defoliation detected within the Province, 67.1% was found outside treated areas. Of the overall area treated, only 14.7% had moderate and severe defoliation. Moderate and severe defoliation was found on 6.4% of the total area treated with fenitrothion, 37.3% of the total area treated with B.t., and 19.6% of the total area treated with fenitrothion plus B.t. (Table 8).

Of the area treated within the moderate to high forecast in northern N.B. - 28.5 % of the fenitrothion treated area, 43.6% of the B.t. treated area, and 50.1% of the fenitrothion plus B.t. treated area had moderate to severe defoliation. In contrast, <3% of the area treated within the variable forecast had moderate and severe defoliation. For the 14-year period from 1977 to 1990 the average proportion of treated area having moderate and severe defoliation based mostly on chemical spraying was 17% (range 6-38%).

Table 8. Summary of areas of moderate and severe defoliation within treatments in New Brunswick in 1990.

Treatment	Area (ha) Sprayed	Area (ha) Defoliated	% Treated Area Defoliated
Fenitrothion	362 635	23 282	6.4
B.t.	120 855	45 117	37.3
Fenitrothion + B.t.	49 695	9 757	19.6
Totals	533 185	78 156	14.7

5. INFESTATION FORECAST FOR 1991

The spruce budworm egg mass survey was replaced by the L2 survey in 1985 as the method of forecasting infestation levels in New Brunswick. The proportion of sample points within each infestation category used in the initial forecasts has varied annually from 1981 to 1990 (Table 9). Between 1982 and 1986 there was an increasing trend in the percentage of points in the Low category with a corresponding decreasing trend for the High category. Between 1986 and 1987, there was a three-fold increase in the proportion of points in the High category in the North-central to North-western parts of the Province, primarily Restigouche County. In 1988 and 1989 most of Restigouche County contained variable (low to moderate) populations. In these same years moderate to high populations occurred in northwestern portions of Northumberland County and adjacent western portions of Gloucester County. The trend of increasing proportions of low points seen in 1989 continued in 1990.

Table 9. Comparison of spruce budworm forecast infestation levels 1981 to 1990.

YEAR/SURVEY	n[a]	FORECAST INFESTATION LEVEL		
		LOW	MODERATE	HIGH
1981/egg-mass	1740	(34%)	(25%)	(41%)
1982/egg-mass	1753	(26%)	(29%)	(45%)
1983/egg-mass	1316	(48%)	(20%)	(32%)
1984/egg-mass	1476	(51%)	(22%)	(27%)
1985/L2	1521	(56%)	(32%)	(12%)
1986/L2	1586	(77%)	(20%)	(3%)
1987/L2	1572	(76%)	(15%)	(9%)
1988/L2	1204[b]	(73%)	(19%)	(8%)
1989/L2	1349[b]	(82%)	(13%)	(5%)
1990/L2	1198[b]	(84%)	(11%)	(5%)

[a] - Number of locations sampled; supplementary sampling not included.

[b] - Fewer samples taken because of collapse in southern part of province.

The forecast for 1991 is for 0.99 million ha of variable (low to high) and moderate to high infestation (Figure 12). This is a major decrease of 33% from last year's forecast area (Table 10). Despite this overall decrease, the area with moderate to high population levels will increase by 40% compared to last year (i.e. 0.77 million ha compared to 0.55 million ha). These results reflect a consolidation of moderate to high populations within areas forecast to have variable populations in 1990.

Table 10. Comparison of areas (ha) forecast in year N to have moderate and high spruce budworm populations in year N+1 (1982-1990).

YEAR (N)	(N + 1) FORECAST
1982	5.30 million ha
1983	4.10 million ha
1984	3.57 million ha
1985	3.15 million ha
1986	1.71 million ha
1987	1.50 million ha
1988[a]	1.65 million ha
1989[a]	1.47 million ha
1990[b]	0.99 million ha

[a] Includes areas of variable (low-moderate) populations.
[b] Includes areas of variable (low-high) populations.

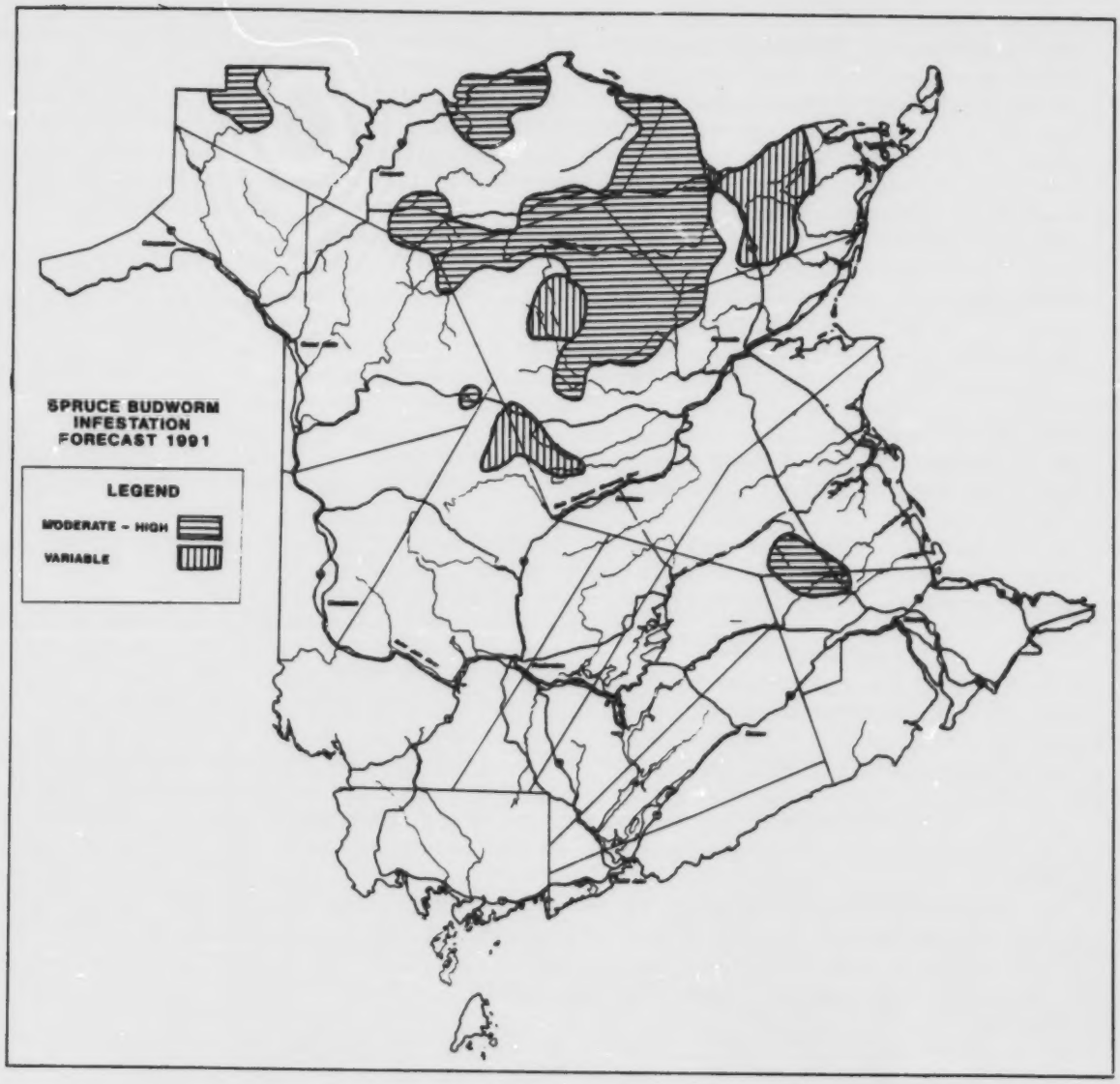


Figure 12. Areas forecast to have variable (low to high), and moderate to high spruce budworm populations in New Brunswick in 1991.

6. CONCLUSIONS

6.1 Spray Operations

A total of 533 200 ha of spruce budworm infested forest were aerially treated in 1990 with chemical (fenitrothion) and/or biological insecticides (B.t.). Applications were made during the prescribed period considered to be the conventional time for larval spraying. Aerial spraying began on June 5th and was completed on June 26th. No areas were left untreated due to weather delays and no scheduled second applications were cancelled. Low pre-spray larval populations in a subset of blocks resulted in the cancellation of 5 127 ha of proposed spraying.

6.2 Effectiveness of Program

1. Timing of applications and post-spray weather did not appear to be mitigating factors adversely affecting foliage protection results.

2. Spray deposit was not assessed operationally hence, protection results reflect what happened, but do not fully explain why.

3. Within the M-H forecast, various analyses revealed benefits provided by all three treatments, however:

   (a) fenitrothion treatment data were generally the best (e.g. mean defoliation = 18.6%; mean percent reduction in defoliation = 72.2%; mean larval mortality = 82.2%; percent of trees meeting the objective = 85%).

   (b) fenitrothion plus B.t. treatment data were generally intermediate (e.g. mean defoliation = 26.6%; mean percent reduction in defoliation = 57.2%; mean larval mortality = 56.6%; percent of trees meeting the objective = 72%).

   (c) B.t. treatment data were generally the worst (e.g. mean defoliation = 37.8%; mean percent reduction in defoliation = 44.3%; mean larval mortality = 46.2%; percent of trees meeting the objective = 60%).

4. Within the variable forecast, regression analysis and examination of percent defoliation in various pre-spray larval density classes revealed fenitrothion treatment data to be somewhat better than fenitrothion plus B.t. treatment data.

5. Within the Central and Southern areas, analysis of limited data revealed acceptable levels of defoliation in fenitrothion treated transects, and untreated transects.

6. **Given that areas were sprayed within conventional prescribed timings followed by favourable post-spray weather, and results of percent defoliation and percent mortality evaluated based on pre-spray larval densities - it appears that spray deposit and/or B.t.'s single mode of action may be key factors contributing to lower overall foliage protection in B.t. treated areas.**

6.3 Forecast

1. Based on the L2 survey the area forecast to have variable (low to high), and moderate to high budworm populations in 1991 is 0.99 million ha. This is a 33% decrease from last year's forecast. The forecast area covers about 14% of the total area of the Province.

2. Despite the overall decrease in total area of infestation, the area forecast to have moderate to high population levels will increase by 40% compared to last year (i.e. 0.77 million ha compared to 0.55 million ha).

3. The areas which will be affected are primarily within northern New Brunswick, i.e. portions of Restigouche, Gloucester and Northumberland Counties.

4. With the exception of an isolated area northwest of Moncton, no significant damage is expected in the southern half of the Province in 1991, continuing the low trend of the past several years.

REFERENCES

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Ent. 18:265-267.

Carter, N. E. 1988. Protection spraying against spruce budworm in New Brunswick 1988. Dept. of Natural Resources, P.O. Box 6000, Fredericton, N.B.

Carter, N. E. 1990. Protection spraying against spruce budworm in New Brunswick 1989. Dept. of Natural Resources and Energy, P.O. Box 6000, Fredericton, N.B.

Daniel, W. W. 1990. Applied nonparametric statistics. 2nd Ed. PWS-Kent Publishinbg Co., Boston, Mass.

Davies, D. 1990. Forest Protection Limited 1990 Program Report. FPL, Comp. 5, Site 24, RR #1, Fredericton, N.B.

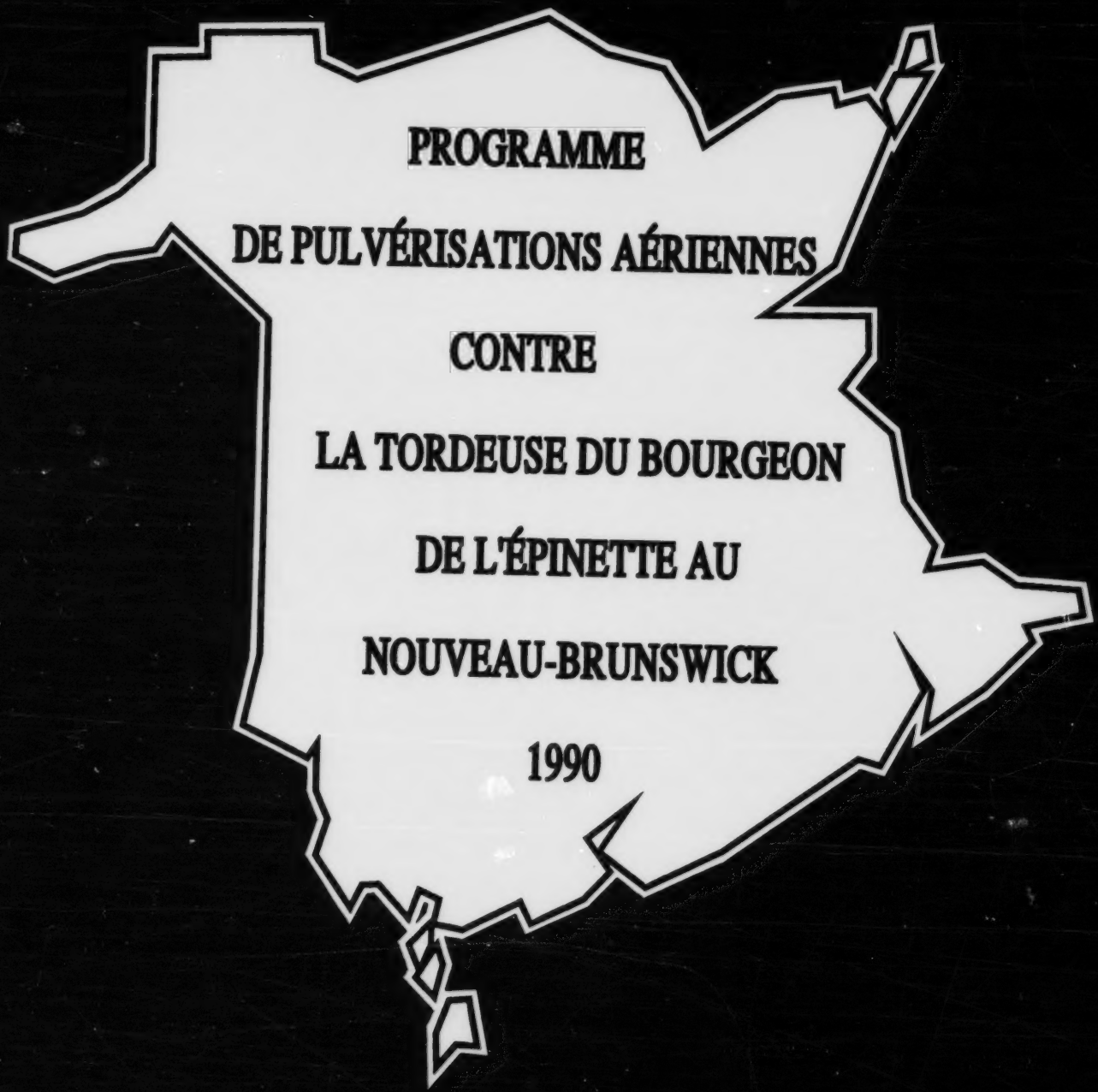
Dorais, L. and E. G. Kettela. 1982. A review of entomological survey and assessment techniques used in regional spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), surveys and in the assessment of operational spray programs. Report of the Committee of Standardization of Survey and Assessment Techniques, Eastern Spruce Budworm Council.

Fettes, J. J. 1950. Investigations of sampling techniques for population studies of the spruce budworm on balsam fir in Ontario. Forest Insect Lab, Sault Ste. Marie, Ont., Ann. Tech. Rept.

Kettela, E. G. 1983. Status of Spruce Budworm infestations in New Brunswick in 1983 and a forecast of conditions for 1984. Env. Canada, Can. For. Serv., M.F.R.C., Tech. Note 100.

Koller, C.N. and D.E. Leonard. 1981. Comparison of energy budgets for spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), on balsam fir and white spruce. Oecologia 49:14-20.

New Nouveau
Brunswick



PROGRAMME
DE PULVÉRISATIONS AÉRIENNES
CONTRE
LA TORDEUSE DU BOURGEON
DE L'ÉPINETTE AU
NOUVEAU-BRUNSWICK
1990

PROGRAMME DE PULVÉRISATIONS AÉRIENNES CONTRE LA TORDEUSE DU BOURGEON DE L'ÉPINETTE AU NOUVEAU-BRUNSWICK

1990

Nelson E. Carter et Dan R. Lavigne
Direction de la gestion des matières ligneuses
Section de la gestion des parasites de la forêt
Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie
Fredericton, Nouveau-Brunswick

1991

L'honorable Morris V. Green
Ministre

Bryan Walker
Sous-ministre

RÉSUMÉ

En 1990, Forest Protection Limited (FPL) a effectué au Nouveau-Brunswick l'épandage d'insecticides par voie aérienne sur une superficie de 533 200 hectares de terres forestières infestées par la tordeuse du bourgeon de l'épinette (Choristoneura fumiferana (Clem.)). Il s'agit d'une diminution de 7,6 % sur la superficie traitée en 1989 (576 900 hectares). En outre, J.D. Irving Limited a traité 28 600 hectares de ses terres en tenure libre, comparativement à 34 000 hectares en 1989.

De la superficie totale traitée par FPL, 68 % ont reçu deux applications de l'insecticide chimique Fénitrothion (Sumithion); 22,3 % ont reçu deux applications de l'insecticide bactériologique Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.) sous la forme de deux produits, soit Futura XLV-HP et Biodart; 0,4 % ont reçu une seule application de B.t. et 9,3 %, une seule application d'insecticide chimique suivie d'une application de B.t.

Les appareils utilisés pour l'épandage comprenaient : 2 TBM munis de turbo-pulvérisateurs pneumatiques Sergonair prototypes à vitesse constante, 10 TBM équipés de rampe et de gicleurs, ainsi que 17 petits appareils épandeurs monomoteurs (PAÉ) munis de turbo-pulvérisateurs pneumatiques Micronair AU4000. De la superficie totale traitée, 6,8 % ont reçu du Fénitrothion appliqué par des TBM équipés de Sergonairs; 36,6 %, du Fénitrothion appliqué par des TBM pourvus de rampe et de gicleurs; 29,4 %, du Fénitrothion appliqué par des PAÉ et 27,2 %, du B.t. appliqué par des PAÉ.

Le programme avait pour but de limiter les ravages de la tordeuse et de faire en sorte que le sapin baumier (Abies balsamea (L.) Mill.) et l'épinette rouge/noire (Picea rubens Sarg. - P. mariana (Mill.) B.S.P.) conservent respectivement 60 et 50 % ou plus de leurs aiguilles de l'année.

On a examiné le calendrier des arrosages et les conditions atmosphériques après traitement, et évalué l'efficacité de chaque traitement pour la protection du feuillage, en fonction des populations larvaires avant l'arrosage. On ne mesure pas actuellement la quantité de produit déposée, qui influe également sur l'efficacité de l'épandage, et ce, pour plusieurs raisons. Par conséquent, les résultats touchant la protection du feuillage sont le reflet de la réalité, mais sans aucune explication.

On a évalué l'efficacité de la protection du feuillage dans des blocs d'épandage situés à trois endroits différents : i) dans les régions où l'on prévoit des populations de modérées à élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick; ii) dans les régions où l'on prévoit des populations variables dans le nord du Nouveau-

Brunswick, et iii) les blocs restants dans les parties centre et sud de la province où l'infestation a généralement diminué.

Dans la région aux populations de modérées à élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, on a examiné et comparé trois types de traitement : 2X210 g/ha de Fénitrothion, 2X15 BIU/ha de B.t.; et 210 g/ha de Fénitrothion suivi de 15 BIU/ha de B.t. L'analyse a démontré l'efficacité de chaque traitement, mais à des degrés différents. Les arbres traités au Fénitrothion ont été bien mieux protégés que ceux au B.t. ou à une combinaison des deux. Dans ce dernier cas, la protection du feuillage s'est révélée moyenne; cependant, dans les sections aux populations modérées ou élevées avant épandage, on a constaté aucun écart important dans la défeuillaison entre le traitement mixte et le 2XB.t. La proportion des sapins baumiers traités au Fénitrothion, au B.t., et au Fénitrothion avec B.t. ayant atteint l'objectif s'est établie à 85 %, 60 % et 72 %, respectivement. Par contre, dans les zones non traitées, à peine 38 % des arbres ont subi une défeuillaison moindre que l'objectif.

D'après les lignes de régression, la défeuillaison a surpassé l'objectif de protection du feuillage à des densités larvaires avant traitement excédant 0,18, 0,30, et 0,44 larve par bourgeon soumis à des arrosages de B.t., de Fénitrothion avec B.t., et de Fénitrothion, respectivement. La défeuillaison moyenne a été de 37,8 %, de 26,6 % et de 18,6 %, respectivement. Bien qu'il ne constitue pas une mesure de la protection du feuillage, le pourcentage de mortalité larvaire présente des écarts selon le traitement administré. Ainsi, la mortalité moyenne de larves attribuable au traitement au Fénitrothion a atteint à 82 %, au regard de 46 % pour le B.t. et de 57 % pour le traitement mixte.

Vu que les territoires ont été traités à des périodes déterminées et que des conditions atmosphériques favorables ont suivi l'épandage, et compte tenu des pourcentages de défeuillaison et de mortalité en fonction des densités larvaires avant traitement, il semble que la quantité de produit déposée ou qu'un mode unique de traitement au B.t. puissent être des facteurs clés qui réduisent la protection générale du feuillage dans les zones traitées au B.t.

Dans les régions à populations variables dans le nord du Nouveau-Brunswick, on a eu recours aux traitements au Fénitrothion et au Fénitrothion avec B.t. Les deux traitements ont assuré une protection efficace du feuillage, les sapins baumiers ayant atteint l'objectif de conservation de leurs aiguilles dans des proportions de 98 % et 92 %, respectivement. Par contre, dans les zones non traitées, à peine 68 % des sapins baumiers ont atteint l'objectif.

Dans le centre et dans le sud du Nouveau-Brunswick, où l'on a pulvérisé du Fénitrothion, la défeuillaison moyenne du sapin baumier et de l'épinette rouge/noire dans les zones traitées et non traitées n'a pas surpassé les objectifs visés.

Le relevé aérien de la défeuillaison a permis de déceler une défeuillaison légère, modérée et grave couvrant respectivement environ 60 000, 146 000 et 91 000 hectares. Environ 67,1 % de la défeuillaison modérée et grave dans la province s'est produite à l'extérieur des superficies traitées. Dans le cas des populations modérées et élevées pour 1990, 28,5 % du territoire traité au Fénitrothion, 43,6 % du territoire arrosé de B.t. et 50,1 % du territoire traité au Fénitrothion avec B.t. ont eu une défeuillaison modérée ou grave. Par contre, moins de 3 % du territoire traité dans les zones aux populations variables ont connu une défeuillaison modérée ou grave.

Pour 1991, on prévoit que l'infestation couvrira une étendue de 0,99 million d'hectares, dont 0,22 million d'hectares à populations variables (de faibles à élevées), et 0,77 million d'hectares à populations modérées ou élevées. Comparativement à l'an dernier, il s'agit d'une réduction de 33 % du territoire total d'infesté. Le territoire aux populations modérées ou élevées augmentera de 40 %. Par contre, les zones à population variable diminueront de 78 %. Les zones infestées se trouveront principalement dans le nord du Nouveau-Brunswick, quelques grandes étendues se trouvant ailleurs dans la province. Dans la moitié sud de la province, sauf pour un territoire isolé au nord-ouest de Moncton, on ne prévoit aucun ravage important, ce qui confirme la tendance à la baisse observée au cours des dernières années.

REMERCIEMENTS

L'administration et l'évaluation d'un programme de pulvérisations à grande échelle nécessitent des connaissances spécialisées, ainsi qu'un sens du dévouement et une grande fierté pour le travail accompli. Les données et les renseignements qui apparaissent dans le présent rapport sont le fruit des efforts concertés des personnes suivantes qui travaillent au MRNE : M. Lester Hartling, M. Wilf Patterson, M^me^ Janet Proude, M. Danny O'Shea, M. Ross Farquhar, M. Robert MacGregor, M. Peter MacNutt, M. Greg Simpson, M^me^ Susan Jonah et M. Carroll Cameron. Leur travail consciencieux, allié à la contribution d'une main-d'oeuvre estivale nombreuse, a été grandement apprécié.

Nous sommes reconnaissants envers le D^r^ Dan Quiring, de l'Université du Nouveau-Brunswick (Département des ressources forestières) et M^me^ Sue Martin, de Forêts Canada - Section Maritimes, pour les conseils d'ordre statistique qu'ils nous ont fournis.

Nous sommes également reconnaissants pour les remarques et les suggestions en rédaction formulées par M. Dave Davies (Forest Protection Ltd.), le D^r^ Dan Quiring (Université du Nouveau-Brunswick, le D^r^ John Sweeney (Forêts Canada - Section Maritimes), et M. Lester Hartling (ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick) pour les premières versions du présent rapport.

Des remerciements spéciaux s'adressent à M^me^ Janet Lynch qui a assuré la dactylographie du manuscrit définitif.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
INTRODUCTION	1
1. PULVÉRISATIONS	1
1.1 Territoires traités	1
1.2 Insecticides	1
1.3 Logistique des opérations	4
1.4 Coûts	4
2. RELEVÉS ET ÉVALUATIONS	5
2.1 Échantillonnage de l'évolution - Critères biologiques de pulvérisation	5
2.2 Échantillonnage de la population avant traitement	6
2.3 Échantillonnage de l'évolution après traitement	7
2.4 Relevés de la défeuillaison	7
2.5 Relevé selon le 2e âge larvaire (L2)	8
3. APERÇU DES RAVAGES CAUSÉS PAR LA TORDEUSE EN 1990	9
3.1 Relevé aérien de la défeuillaison	9
4. EFFICACITÉ DES PULVÉRISATIONS	13
4.1 Objectifs de la protection	13
4.2 Facteurs influant sur l'efficacité de la protection du feuillage	13
4.3 Efficacité de la protection du feuillage	14
4.3.1 Évaluation terrestre	14
4.3.2 Évaluation aérienne	30
5. PRÉVISIONS EN MATIÈRE D'INFESTATION POUR 1991	31
6. CONCLUSIONS	34
6.1 Opérations d'arrosage	34
6.2 Efficacité du programme	34
6.3 Prévisions	35
BIBLIOGRAPHIE	36

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1.	Territoires du Nouveau-Brunswick arrosés par Forest Protection Limited en 1990 pendant les opérations de lutte contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette (programme de J. D. Irving Ltd. exclu).	2
Tableau 2.	Coûts réels de l'arrosage au Nouveau-Brunswick, entre 1984 et 1989, et estimations pour 1990 (non rajustés en fonction de l'inflation).	5
Tableau 3.	Estimations de la superficie défeuillée par la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick entre 1975 et 1990.	10
Tableau 4.	Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier dans les sections traitées et non traitées dans la zone aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	20
Tableau 5.	Moyennes, erreurs courantes et résultats non paramétriques (Kruskal-Wallis; épreuve à double échantillonnage Wilcoxon ($P<0,05$)) pour des traitements appliqués aux populations modérées ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	23
Tableau 6.	Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier dans les zones traitées et non traitées pour une population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	25
Tableau 7.	Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier et de l'épinette rouge/noire dans les zones traitées et non traitées du centre et du sud du Nouveau-Brunswick, en 1990.	29
Tableau 8.	Résumé de la défeuillaison modérée ou grave des zones qui ont été traitées au Nouveau-Brunswick, en 1990.	30
Tableau 9.	Fluctuations de l'intensité des infestations de la tordeuse du bourgeon de l'épinette entre 1981 et 1990.	31
Tableau 10.	Prévisions de l'année N des superficies (en hectares) susceptibles d'être atteintes d'infestations modérées ou élevées de tordeuses du bourgeon de l'épinette dans l'année N+1 (1982-1990).	32

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1.	Territoires du Nouveau-Brunswick arrosés par FPL en 1990 dans la lutte contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette (programme de J.D. Irving Ltd. exclu).	3
Figure 2.	Zones de défeuillaison légère, modérée et grave attribuable à la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick en 1990.	11
Figure 3.	Territoires du Nouveau-Brunswick où l'on prévoit des infestations variables (de faibles à modérées) et des infestations modérées ou élevées de tordeuses du bourgeon de l'épinette en 1990 (Carter, 1990).	12
Figure 4.	Répartition des populations larvaires avant traitement dans les zones traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	17
Figure 5.	Relations (ligne de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de mortalité larvaire dans les sections non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	18
Figure 6.	Relations (ligne de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et le pourcentage de défeuillaison en cours dans les sections non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	19
Figure 7.	Relations (lignes de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de défeuillaison en cours dans les sections traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	21
Figure 8.	Pourcentages de l'étendue de la défeuillaison dans les zones traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	24
Figure 9.	Répartition des populations larvaires avant traitement dans les sections traitées et non traitées à population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	26

		Page
Figure 10.	Relations (lignes de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de défeuillaison en cours dans les zones traitées et non traitées à infestation variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	27
Figure 11.	Pourcentage de l'étendue de la défeuillaison dans les zones traitées et non traitées à infestation variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.	28
Figure 12.	Territoires du Nouveau-Brunswick à infestation variable (de faible à élevée) et à infestation modérée ou élevée de tordeuses du bourgeon de l'épinette en 1991.	28

PROGRAMME DE PULVÉRISATIONS AÉRIENNES CONTRE LA TORDEUSE DU BOURGEON DE L'ÉPINETTE AU NOUVEAU-BRUNSWICK - 1990

En 1990, au Nouveau-Brunswick, des forêts sélectionnées qui étaient infestées par la tordeuse du bourgeon de l'épinette ont fait l'objet de traitements aériens aux fins de protection du feuillage. Des insecticides chimiques et biologiques ont été employés. Le RAPPORT DU PROGRAMME DE 1990, rédigé par Forest Protection Limited (Davies, 1990), contient de plus amples renseignements sur les opérations.

Le présent rapport résume les opérations de pulvérisation en 1990, décrit les relevés opérationnels effectués, et analyse l'efficacité de la protection de feuillage qui a été atteinte. Le rapport présente également les prévisions touchant l'infestation de tordeuses du bourgeon de l'épinette pour 1991.

1. PULVÉRISATIONS

1.1 Territoires traités

En 1990, le programme de pulvérisations au Nouveau-Brunswick a couvert environ 533 200 hectares de forêts infestées de tordeuses du bourgeon de l'épinette (Tableau 1; Figure 1), soit 7,6 % de moins que les 576 900 hectares traités en 1990 (Carter, 1990). Les opérations d'arrosage comme telles ont été menées sous la direction de Forest Protection Ltd. (FPL). En outre, J.D. Irving Ltd. a arrosé 28 600 hectares de ses terres en tenure libre (Brunsdon, J.D.I. Ltd., comm. pers.) au lieu des 34 000 hectares traités en 1989.

1.2 Insecticides

Voici les insecticides qui ont été utilisés en 1990 (Tableau 1) : un insecticide chimique, le Fénitrothion (Sumithion) et deux insecticides biologiques à base de Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.), soit le Futura XLV-HP et le Biodart. On a varié les taux d'application (Tableau 1). Environ 68 % du territoire a reçu deux applications de Fénitrothion, 22,7 % une seule application (0,4 %) ou deux (22,3 %) d'insecticide biologique (B.t.); le reste (9,3 %) a reçu une simple application de Fénitrothion suivie d'une seule application de B.t.

Voici les appareils épandeurs utilisés en 1990 : 2 TBM[a] équipés de turbo-pulvérisateurs électriques, appelés Sergonair; 10 TBM équipés de rampes et de gicleurs; ainsi que 17 petits appareils monomoteurs épandeurs (PAÉ) équipés de turbo-pulvérisateurs à vent Micronair AU4000. Les Sergonair ont permis l'application de produits chimiques en très faibles quantités (0,4 L/ha) semblables aux quantités appliquées par les PAÉ à l'aide des Micronair AU4000, mais au moyen d'un spectre plus constant de gouttelettes en raison de leur vitesse rotationnelle constante. Dans les essais, avant l'arrosage, on a constaté que les problèmes de pompage du Futura XLV-HP dans les TBM équipés de Sergonair empêchaient l'utilisation

---

[a] TBM - Grumman Avenger (Torpedo Bomber Medium range).

Tableau 1. Territoires du Nouveau-Brunswick arrosés par Forest Protection Limited en 1990 pendant les opérations de lutte contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette. (Programme de J.D. Irving Ltd. exclu).

Traitement[a]	Superficie (milliers d'hectares)	%	Type d'appareil[b]
Une application - produit biologique			
30 BIU-FXLV-HP/0,90 L/Ha[c]	2,0	(0,4)	PAÉ
Deux applications - produit biologique			
15 BIU-FXLV-HP/0,45 L/ha + 15 BIU-FXLV-HP/0,45 L/ha	117,7	(22,1)	PAÉ
15 BIU-BIODART/0,89 L/ha + 15 BIU-BIODART/0,89 L/ha	1,2	(0,2)	PAÉ
TOTAL PARTIEL :	118,9	(22,3)	
TOTAL PARTIEL BIOLOGIQUE :	120,9	(22,7)	
Deux applications - produit chimique			
210 g FEN./1,46 L/ha + 210 g FEN./1,46 L/ha	194,9	(36,6)	TBM/b
210 g FEN./0,44 L/ha + 210 g FEN./0,44 L/ha	167,7	(31,4)	PAÉ, TBM
TOTAL PARTIEL CHIMIQUE :	362,6	(68,0)	
Une application chimique + une application biologique			
210 g FEN./0,44 L/ha + 15 BIU-FXLV-HP/0,45 L/ha	49,7	(9,3)	PAÉ, TBM
TOTAL PARTIEL CHIMIQUE + BIOLOGIQUE :	49,7	(9,3)	
TOTAL GÉNÉRAL :	533,2	(100,0)	

[a] FXLV-HP = Futura XLV-HP
BIODART = Biodart
FEN. = Fénitrothion

[b] TBM/b = TBM avec rampe et gicleur
TBM/s = TBM avec Sergonair
PAÉ = Petits appareils épandeurs avec Micronair AU4000

[c] Arrosage effectué par FPL sur des terres de J.D. Irving en tenure libre.

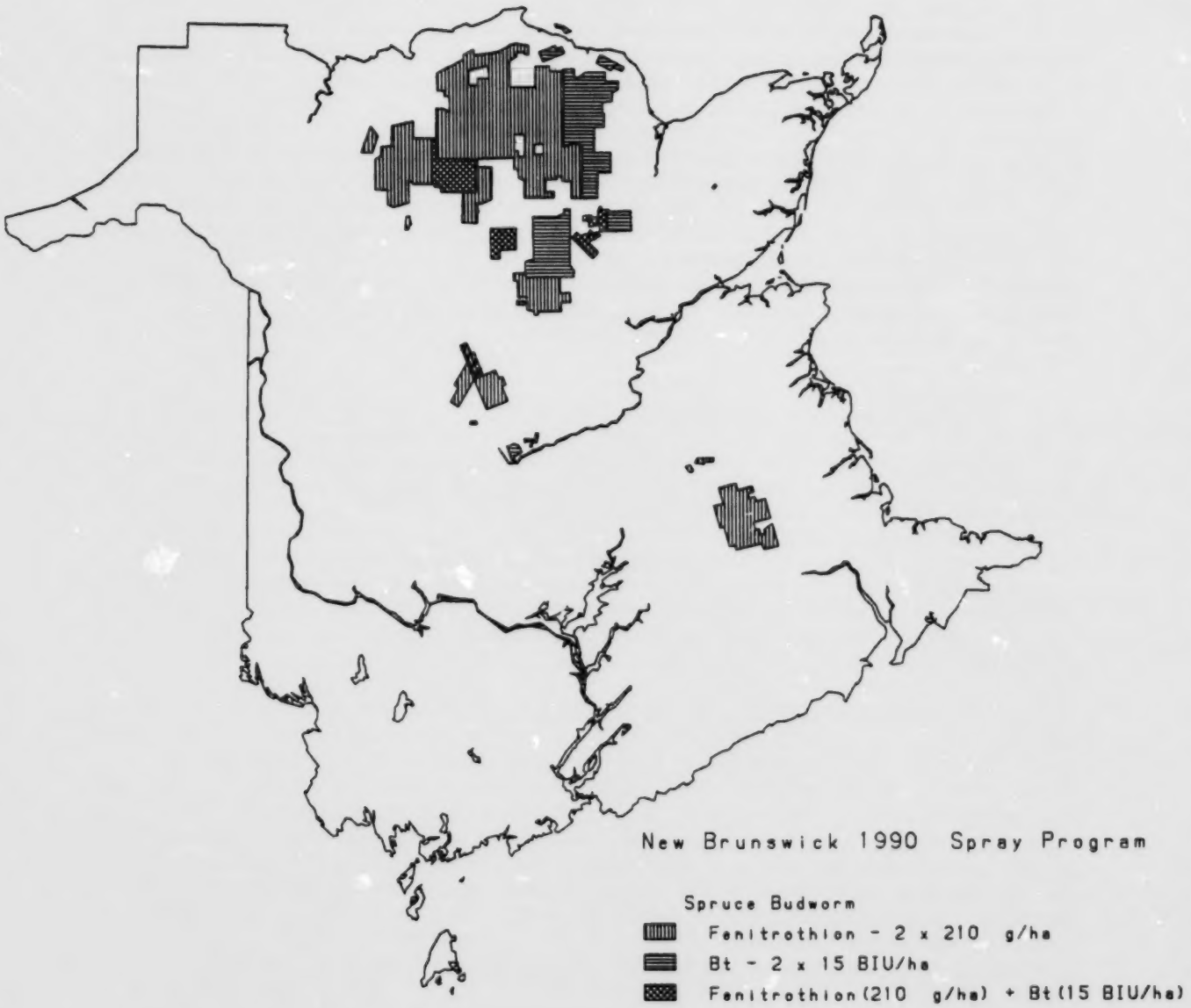


Figure 1. Territoires du Nouveau-Brunswick arrosés par FPL en 1990 dans la lutte contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette. (Programme de J.D. Irving Ltd. exclu).

de ce système de traitement pour l'application de B.t. dans le procédé.

De tout le territoire traité, 6,8 % a reçu du Fénitrothion appliqué par des TBM équipés de Sergonair; 36,6 %, du Fénitrothion par des TBM équipés de rampes et de gicleurs; 29,4 %, du Fénitrothion par des PAÉ; et 27,2 %, du B.t. par des PAÉ. Pour la seconde application, on n'a pas nécessairement les mêmes appareils que pour la première. Dans le cas des petits appareils épandeurs (PAÉ), on a eu recours à la "technique de pulvérisation améliorée" selon laquelle le débit de chaque turbo-pulvérisateur Micronair AU4000 était limité à 2 L/min/unité, ce qui permettait l'émission de gouttelettes plus fines. Alliée à la puissance (BIU/L) des produits à base de B.t., cette technique a permis aux PAÉ de réduire de moitié le taux normal de pulvérisation de B.t. non dilué pour ce qui est du volume par hectare, qui est passé de 30 à 15 BIU/ha.

1.3 Logistique des opérations

Le ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie (MRNE) s'est servi des températures maximums et minimums observées par diverses stations météorologiques dans la province pour contrôler l'accumulation régionale de degrés-jours (seuil = 3 °C), à compter du 1er avril. Il a en outre évalué le développement des larves et des pousses des arbres hôtes à l'intérieur et autour des zones à traiter. À l'aide de ces renseignements, le MRNE a fait part à FPL de la date où les blocs étaient biologiquement prêts à être traités.

La deuxième moitié de mai et la première de juin ont connu du temps plus frais que la normale, ce qui a retardé le développement des larves et des pousses des arbres hôtes. Par conséquent, les premiers blocs n'ont pas été biologiquement prêts pour le traitement avant le 3 juin, soit environ une semaine plus tard que l'an dernier. Au 12 juin, tous les blocs de traitement avaient été ouverts à l'arrosage. Le temps inclément pour l'arrosage a retardé le début des opérations dans les premiers blocs de Fénitrothion et de B.t. jusqu'aux 5 et 6 juin, respectivement. Une fois commencé, l'arrosage s'est poursuivi pendant 14 jours consécutifs à partir de l'une ou de l'autre des trois bases en activité (Davies, F.P.L. comm. pers.). Au cours de cette période, le programme a été complété à 99 %. Le reste (1 %) a pris huit jours de plus en raison de "très mauvais" temps pour l'arrosage. L'arrosage s'est terminé le 26 juin.

1.4 Coûts

Les coûts de l'arrosage pour différents traitements ont généralement augmenté depuis 1984 (Tableau 2). Les coûts des relevés aériens de défeuillaison, du relevé L2 ainsi que les

frais généraux de FPL, qui comprennent les frais de recherche et de développement, ne sont pas compris dans ces tableaux. Les coûts approximatifs pour 1990 reflètent l'emploi de la technologie Sergonair pour l'arrosage de Fénitrothion à de très faibles volumes à l'aide de TBM, et le recours à la technique "pulvérisation améliorée" à l'aide de PAÉ pour le traitement au B.t. à raison de 15 BIU/ha.

Tableau 2. Coûts réels de l'arrosage au Nouveau-Brunswick, entre 1984 et 1989, et estimations pour 1990. (Non rajustés en fonction de l'inflation.)

Application	Coûts ($/ha) 1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990[f]
TBM chimique[a]	6,80	7,23	9,19	7,07	10,92	11,11[d]	14,08
TBM B.t.[b]	11,79	14,12	-	12,22	12,55[d]	12,87	-
PAÉ chimique[a]	11,52	11,82	11,50	16,42	16,46	18,21	14,08
PAÉ B.t.[b]	16,38	18,71	16,60	21,54	20,83	19,94[e]	17,59[e]
chim.+B.t.[c]	-	-	-	-	-	-	15,86

[a] chimique = 2 applications de Fénitrothion à 210 g/ha.
[b] B.t. = 1 application de 30 BIU/ha.
[c] chimique+B.t. = 1 application de Fénitrothion à 210 g/ha + 1 application de B.t. à 15 BIU/ha.
[d] comprend appareil DC-6.
[e] B.t. = 2 applications de B.t. à 15 BIU/ha.
[f] estimations.

2. RELEVÉS ET ÉVALUATIONS

On a effectué divers relevés pour fixer la date du début des pulvérisations et d'en évaluer les résultats. Les méthodes utilisées s'apparentaient à celles des précédents programmes de pulvérisations aériennes contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick (Carter, 1988; 1990).

2.1 Échantillon de développement - Critères biologiques de pulvérisation

Avant l'arrosage, on a défini des zones d'échantillon parmi les arbres menacés de la tordeuse du bourgeon à l'intérieur ou à proximité des blocs à traiter. Dans chaque zone, on échantillonnait de routine de 3 à 5 arbres hôtes (une branche à mi-couronne de 45 cm par arbre) pour évaluer le développement des insectes et des pousses de l'arbre hôte.

Parallèlement, un observateur bien entraîné a effectué des vols de reconnaissance aérienne à basse altitude pour observer l'épanouissement des pousses des sapins baumiers et des autres espèces d'arbres dans les zones à traiter. On a conjointement évalué les observations aériennes et au sol afin de fixer la date à laquelle les blocs seraient biologiquement prêts à être traités.

Les critères biologiques retenus pour fixer les dates du début des pulvérisations étaient semblables à ceux des années précédentes. Les blocs à traiter au Fénitrothion ont été déclarés biologiquement prêts lorsque les échantillons de sapin baumier respectaient les critères suivants :

- la majorité des tordeuses en étaient à leur troisième mue; toutes les larves de tordeuses se nourrissaient de pousses ou de fleurs; les nouvelles pousses de classes 3 et 4 portaient des aiguilles ou encore leurs bourgeons commençaient à s'élargir (Dorais et Kettela, 1982),

et les blocs qui comptaient un grand nombre d'épinettes rouges/noires, lorsque les échantillons d'épinettes respectaient les critères suivants :

- la majorité des tordeuses en étaient à leur troisième mue, toutes les larves avaient migré des galeries creusées dans les anciennes aiguilles, avaient commencé à faire de la soie à l'extérieur des bourgeons ou avaient commencé à se creuser un tunnel à l'intérieur de ceux-ci.

Les blocs traités au B.t. ont été déclarés biologiquement prêts lorsque les échantillons de sapin baumier respectaient les critères suivants :

- la majorité des tordeuses en étaient à leur troisième mue ou l'avaient terminée. Les larves de tordeuses se nourrissaient de pousses ou de fleurs; les pousses de classes 4 et 5 avaient commencé à s'élargir ou encore étaient complètement épanouies (Dorais et Kettela, 1982).

Pour fixer la date des pulvérisations, un total de 767 échantillons de développement ont été prélevés dans 254 blocs.

2.2 Échantillon de population avant traitement

Avant l'arrosage, on a établi des blocs pour évaluer avant traitement la densité de la population larvaire dans des sections réparties entre les diverses zones témoins traitées et non traitées. Chaque section était subdivisée en un certain nombre de blocs qui comptaient habituellement 5 arbres (certains blocs en comptaient 10). L'échantillon était effectué après une

émergence larvaire de 100 %. L'indice larvaire[4] au moment de l'échantillon se situait entre 2,5 et 3. Un échantillon de branche à mi-couronne de 45 cm a été prélevé sur chaque arbre. Au laboratoire, on a déterminé les niveaux de population avant traitement en comptant le nombre de larves et de bourgeons ou de pousses sur chaque branche. Les populations pouvaient alors être exprimées comme représentant le nombre de larves par branche ou le nombre de larves par bourgeon. Ces renseignements ont servi à évaluer le degré de protection du feuillage en fonction des densités larvaires avant traitement.

Un échantillon supplémentaire avant traitement a également été effectué dans un certain nombre de blocs dans lesquels on a constaté de faibles populations de larves durant l'échantillon de développement. En 1990, l'échantillon a confirmé la fréquence d'un petit nombre de larves dans un sous-ensemble de ces blocs, ce qui a donné lieu à l'annulation de l'arrosage de 5 127 ha qui était prévu.

2.3 Échantillon de développement après traitement

Une fois les opérations d'arrosage entreprises, le prélèvement d'échantillon s'est poursuivi; on voulait ainsi étudier le nombre et le développement des insectes (du stade larvaire au stade pupal), et évaluer l'étendue de la défeuillaison. Les arbres hôtes ont été échantillonnés dans des zones de développement préétablies, ainsi qu'à d'autres emplacements.

Les données recueillies sur le développement après traitement ont permis de décider si une deuxième application était nécessaire ou s'il fallait mettre fin au traitement en raison du stade de développement larvaire ou des dommages infligés au feuillage. D'après les renseignements recueillis au cours de la période d'échantillon après traitement, aucune seconde application prévue n'a été annulée.

Les renseignements sur la pupation et la cessation des ravages des larves ont contribué à fixer la date du début des relevés, aériens et au sol, de la défeuillaison.

2.4 Relevés de la défeuillaison

Au terme de la pulvérisation aérienne et des ravages causés par les larves, on a observé du haut des airs l'ampleur et la gravité de la défeuillaison à travers la province. Empruntant

---

[4] Indice larvaire = Σ((nombre de larves à leur deuxième mue X 2)+(nombre de larves à leur troisième mue X 3)+...+(nombre de pupes X 7)) / nombre total de larves.

des bandes aériennes est-ouest éloignées de 5 km l'une de l'autre, à une altitude de 150 à 300 m, des observateurs aériens entraînés, à bord d'appareils Cessna 172 équipés du système de navigation Loran C, ont évalué et esquissé les zones de défeuillaison légère, modérée et grave sur des cartes de 1 cm = 1,9 km (1 pouce = 3 milles). On n'a pas tenté d'évaluer la défeuillaison bloc par bloc.

Également, on a pu déterminer, au moyen d'un relevé au sol, le pourcentage définitif de défeuillaison et de survie de la tordeuse du bourgeon dans les sections traitées et non traitées. L'indice larvaire lors de l'échantillonnage se situait à environ 6,8 à 7,0 (prédominance des stades de pré-pupe et de pupe). Une branche à mi-couronne de 45 cm a été prélevée sur les mêmes arbres échantillonnés durant le relevé de la population larvaire avant traitement. Sur le terrain, on a évalué le nombre d'insectes survivants par branche. Au laboratoire, on a déterminé l'ampleur de la défeuillaison (Fettes, 1950) en évaluant le nombre d'aiguilles perdues sur 50 pousses par branche de l'année en cours.

2.5 Relevé selon le 2e âge larvaire (L2)

Depuis 1985, on a adopté une méthode d'inventaire de la population qui a atteint le 2e âge larvaire et qui hiberne, pour prévoir l'ampleur de l'infestation de la tordeuse et sa répartition pour l'année suivante. Habituellement, des relevés L2 initiaux et supplémentaires sont effectués. Le relevé L2 initial (environ 1 200 échantillons) sert à produire une carte prévisionnelle utilisée pour planifier le programme de pulvérisations. À ces prévisions s'ajoutent au cours de l'hiver des renseignements provenant d'environ 700 à 800 emplacements additionnels. Au cours des deux relevés, on prélève des branches normales à mi-couronne de 75 cm sur les arbres hôtes dans les sujets qui risquent d'être infestés par la tordeuse dans la province. Au laboratoire, on traite ensuite ces branches pour déterminer le nombre moyen de larves qui hibernent (L2) par branche. C'est en utilisant les densités de larve qui hibernent qu'on peut déterminer l'emplacement des populations faibles, modérées, élevées ou extrêmes (Dorais et Kettela, 1982).

À l'aide des résultats obtenus du relevé L2 initial, on a tracé les zones comportant des nombres constants d'échantillons à population modérée ou extrême. Il en est de même des zones sans populations constantes, c'est-à-dire qui renfermaient un mélange d'échantillons aux populations de faibles à extrêmes; ces zones ont été classées comme blocs à populations variables.

3. APERÇU DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA TORDEUSE EN 1990

3.1 Relevé aérien de la défeuillaison[a]

Après quelques vols de reconnaissance, on a procédé au relevé aérien du 10 au 13 juillet, période durant laquelle la visibilité a été bonne. On a effectué plusieurs autres vols de reconnaissance sans qu'on puisse observer de nouvelles étendues de défeuillaison.

Selon le relevé aérien, on a évalué qu'il y avait environ 60 000 hectares de défeuillaison légère, 146 000 ha de modérée et 91 000 ha de grave (Figure 2). La superficie combinée des défeuillaisons modérées et graves représente une réduction de 40 % par rapport à l'année dernière (Tableau 3). Une étude des dossiers a permis d'établir que la superficie de défeuillaison modérée et grave de cette année est la plus faible depuis 1967. En fait, il n'est arrivé que quatre fois depuis 1949 que l'étendue de la défeuillaison a été moindre que celle de 1990.

La majeure partie (75 %) de la défeuillaison modérée et grave a été décelée dans la zone prévue de population modérée à élevée (Figure 3). Par contre, on a constaté que 13 % de toute la défeuillaison modérée ou grave se situait dans le bloc de défeuillaison variable. Seulement 12 % de la défeuillaison modérée ou grave observée se situait à l'extérieur des prévisions. On a également décelé des étendues de défeuillaison à prédominance légère dans les parties nord et centrale de la province. Les secteurs sud, ouest et est de la province sont demeurés à peu près intacts.

---

[a] Le relevé aérien a été effectué par le MRNE grâce à un financement partiel de Forêts Canada - Section Maritimes.

Tableau 3. Estimations de la superficie défeuillée par la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick entre 1975 et 1990.

	CATÉGORIE DE DÉFEUILLAISON (en milliers d'hectares)		
Année[a]	Légère	Modérée et grave	Totale
1975	820	3 567	4 387
1976	192	404	596
1977	123	481	604
1978	141	669	810
1979	105	1 320	1 425
1980	176	673	849
1981	135	1 221	1 356
1982	185	1 202	1 387
1983	301	2 028	2 329
1984[b]	-	730	730
1985[b]	-	1 071	1 071
1986	160	927	1 087
1987	88	430	518
1988	43	500	543
1989	67	396	463
1990	60	237	297

[a] De 1975 à 1983, chiffres tirés de Kettela (1983); le reste, des dossiers du MNRE.

[b] Défeuillaison légère non relevée.

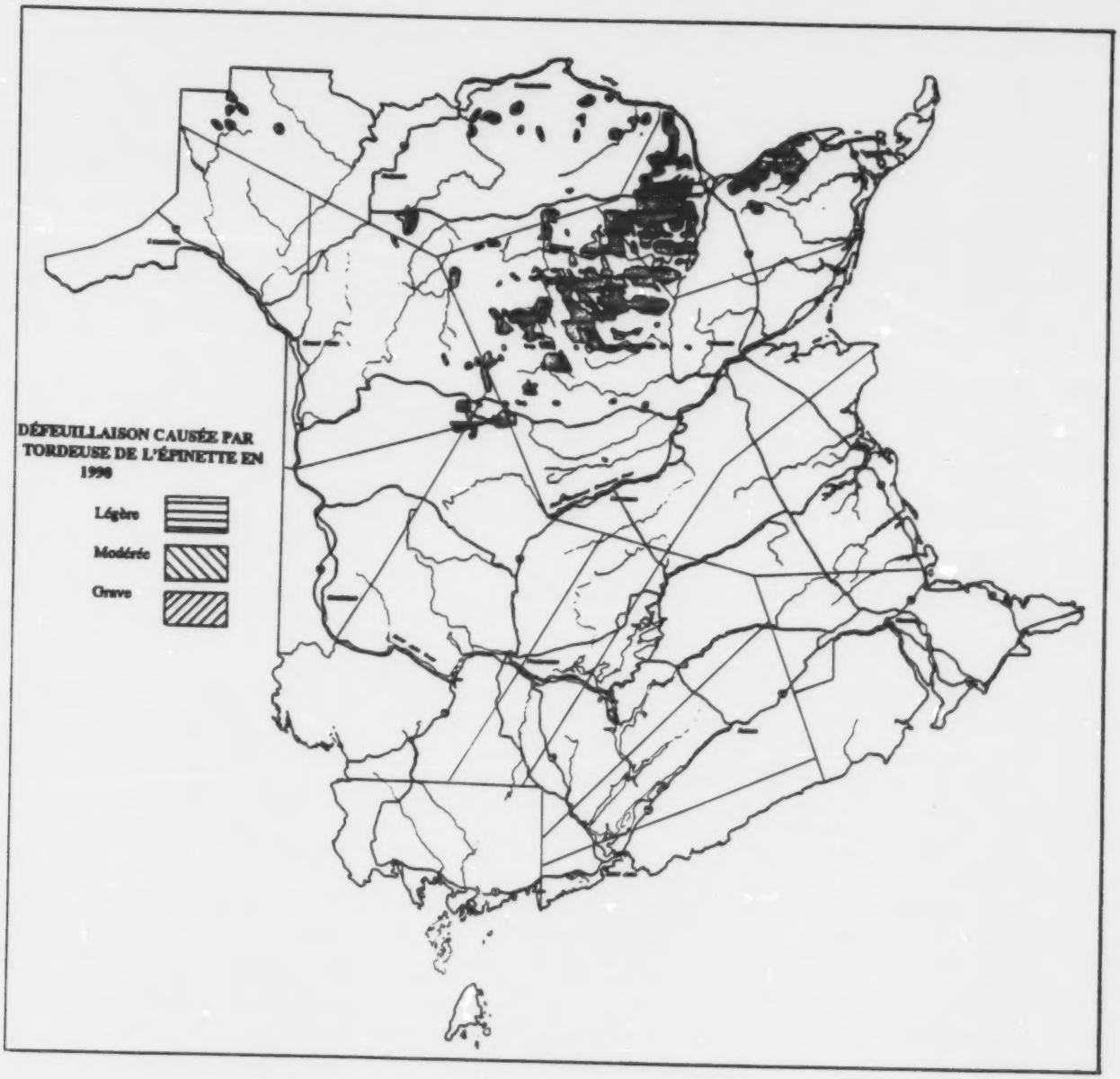


Figure 2. Zones de défeuillaison légère, modérée et grave attribuable à la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick en 1990.

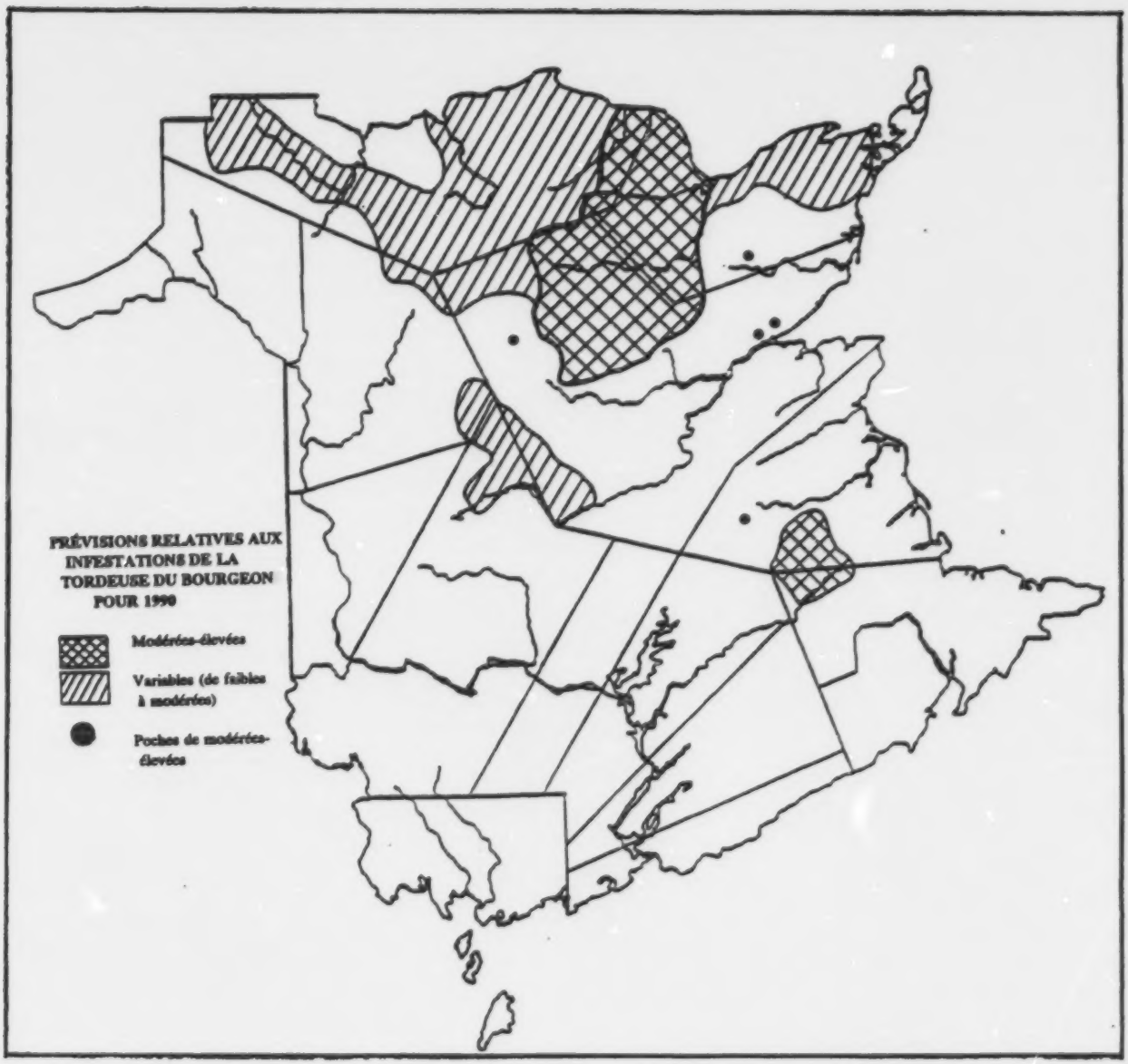


Figure 3. Territoires du Nouveau-Brunswick où l'on prévoit des infestations variables (de faibles à modérées) et des infestations modérées ou élevées de tordeuses du bourgeon de l'épinette en 1990 (Carter, 1990).

4. EFFICACITÉ DES PULVÉRISATIONS

4.1 Objectifs de la protection

Le programme de protection annuel est axé sur la protection du feuillage; il vise à réduire au minimum l'étendue de la défeuillaison des arbres causée par les insectes. Dans le cas des arbres qui ont atteint et même dépassé leur maturité, l'objectif consiste à conserver 60 % ou plus des aiguilles de l'année en cours sur le sapin baumier, et 50 % ou plus des aiguilles de l'année en cours sur l'épinette rouge/noire. Dans les plantations ou les éclaircies, l'objectif est de conserver 80 % ou plus des aiguilles de l'année en cours des arbres traités. Cet objectif plus exigeant de protection du feuillage est destiné à faciliter l'augmentation du volume et à faire en sorte que ces arbres contribuent, comme prévu, à l'approvisionnement de bois futur.

Lorsque la densité des populations recensées avant traitement était très élevée ou extrême, les ravages excédaient souvent les objectifs souhaités de protection du feuillage. Néanmoins, dans ces cas-là, on pouvait encore envisager comme bénéfique un programme de pulvérisations, s'il pouvait demeurer pour l'année suivante un certain nombre de pousses qui auraient été autrement détruites sans arrosage.

4.2 Facteurs déterminant l'efficacité de la protection du feuillage

L'ampleur de protection du feuillage qu'on peut se permettre chaque année dépend de plusieurs facteurs (Carter, 1988). Actuellement, le MNRE prend en considération trois facteurs lorsqu'il évalue l'efficacité des traitements : les niveaux de population avant traitement, la période de pulvérisations, et les conditions atmosphériques qui ont suivi le traitement.

Il est nécessaire de déposer de l'insecticide dans le microhabitat larvaire et sur le feuillage avant que les insectes n'aient eu le temps de faire des ravages, afin de protéger les arbres de la défeuillaison. Bien que les insecticides chimiques comportent deux modes d'action et puissent causer la mort des larves par contact ou ingestion, le B.t. n'a qu'un seul mode d'action : il doit être ingéré pour être efficace. Par conséquent, il importe de déposer une quantité "adéquate" d'insecticide au moment opportun pour assurer la protection du feuillage, et les conditions atmosphériques suivant l'application doivent contribuer au ravage des larves. Malheureusement, il n'existe pas de méthode facilement praticable de tester aveuglément un dépôt de traitement opérationnel. Donc, bien qu'on ait recours à la technique recommandée pour l'épandage, ce n'est pas une garantie que la quantité de produit déposée sera suffisante. Par conséquent, les

résultats opérationnels reflètent les frais, sans en expliquer à fond la raison.

4.3 Efficacité de la protection du feuillage

D'après les prévisions de 1990 qui prédisaient une ampleur variable des ravages de la tordeuse, on a décidé d'évaluer l'efficacité de la protection du feuillage dans trois zones différentes : i) dans la zone aux populations modérées ou élevées (M-É) dans le nord du Nouveau-Brunswick, ii) dans la zone à population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick et iii) les blocs restants dans le centre et le sud de la province où l'infestation a montré des signes de régression depuis plusieurs années. On a évalué l'efficacité de la protection du feuillage à l'aide des renseignements tirés des relevés aériens au sol.

4.3.1 Relevés au sol

- Période de pulvérisations

Pour différentes régions géographiques de la province et différentes catégories phénologiques, on inscrit les indices des larves et des pousses et les périodes d'arrosage. Les résultats ont indiqué que tous les blocs ont reçu les premières applications aux périodes prescrites (Section 2.1). En outre, toutes les applications ont été effectuées entre les troisième et cinquième mues du développement larvaire. Étant donné que les larves de la sixième mue sont celles qui font le plus de ravages (Koller et Leonard, 1981), le traitement s'est terminé avant que les larves des mues suivantes ne commencent à dévorer les feuilles.

- Conditions atmosphériques après traitement

La recherche a démontré qu'un temps froid et pluvieux dans les 24 heures suivant la pulvérisation a un effet négatif sur l'efficacité du B.t. à contenir les ravages de la tordeuse (Kettela, Foresterie Canada - Section Maritimes, comm. pers.). C'est pourquoi on a examiné les données atmosphériques après traitement observées par douze stations météorologiques, représentant différentes régions géographiques de la région.

On a inscrit les données relatives à la température ainsi que les périodes appropriées d'arrosage. Durant la période de traitement, les températures maximums quotidiennes ont oscillé entre 15 et 31 °C. À l'exception de quelques jours, au cours desquels les températures minimums ont tombé sous les 5 °C, les minimums quotidiens se situaient plus souvent dans la bande entre 5 et 15 °C. Les températures du midi (13 h) se situaient entre 10 et 30 °C. En général, les températures après pulvérisation durant les périodes de traitement ont été très favorables pour l'activité et les ravages de la tordeuse du bourgeon.

Étant donné la nature localisée des averses, il est moins précis d'extrapoler les renseignements relatifs aux précipitations provenant de stations fixes. Néanmoins, les données relatives aux précipitations (mm) ont été inscrites de la même façon. Au cours de la période de traitement, il n'est arrivé qu'un ou deux jours qu'on a enregistre des précipitations de plus de 5 mm. On a enregistré à Heath Steele des journées consécutives de pluie de plus de 5 mm entre le 17 et 25 juin. Neuf bandes pulvérisées à l'intérieur d'un seul bloc de traitement au B.t. (A-15) peuvent avoir reçu de fortes pluies (25 mm) au cours de cette période. On n'a pu faire aucune comparaison des pourcentages de défeuillaison entre les zones infestées et non infestées, car les blocs de traitement ne tombaient pas dans les bandes pulvérisées qui étaient indiquées.

- Efficacité de la protection du feuillage en fonction des densités larvaires avant traitement

i) **Résultats des zones aux populations M-É dans le nord du Nouveau-Brunswick**

Dans ce territoire, on a évalué 1 493 arbres pour déterminer les populations avant traitement, les populations finales après traitement ainsi que le pourcentage de défeuillaison. Il s'agissait de la zone où l'échantillonnage a été le plus intense, répondant pour 69 % du nombre total d'arbres évalués. Trois traitements ont été évalués : 1. 2X210 g/ha de Fénitrothion (2XFEN.), 2. 2X15 BIU/ha de B.t. (2XB.t.), et 3. 1X210 g/ha de Fénitrothion + 1X15 BIU/ha de B.t. (FEN.+B.t.). La répartition des densités larvaires avant traitement dans les sections traitées et non traitées a été généralement la même (Figure 4).

Afin d'évaluer l'efficacité du traitement, on a examiné le pourcentage final de la défeuillaison actuelle, en fonction des densités larvaires avant traitement. À l'aide de techniques d'analyse de régression non linéaires et de données relatives aux arbres individuels tirées d'échantillons non traités, on a pu tracer des courbes de pourcentage de mortalité larvaire (Figure 5) et le pourcentage prévu de défeuillaison (Figure 6) par rapport à la densité larvaire avant traitement. Les équations de régression qui en ont résulté ont été utilisées avec les données relatives aux larves avant traitement en ce qui a trait aux arbres dans les zones traitées afin d'évaluer le pourcentage de mortalité et le pourcentage de défeuillaison prévus en l'absence de traitement. Cette méthode a permis de recueillir les renseignements nécessaires au calcul des valeurs de la mortalité corrigée ou de la mortalité attribuée à l'insecticide (Abbott, 1925), ainsi que les valeurs de la réduction procentuelle de la défeuillaison dans les échantillons traités.

Pour une vue d'ensemble, on a calculé les moyennes pour les blocs traités et les sections non traitées (Tableau 4). L'examen

de la défeuillaison procentuelle moyenne, de la réduction absolue moyenne de défeuillaison et de la réduction procentuelle moyenne de défeuillaison montre l'efficacité de chaque traitement. Mais on a également constaté que les traitements administrés ne produisent pas tous le même degré de protection du feuillage.

On a examiné les tendances d'efficacité du traitement à l'aide de régressions non linéaires du pourcentage de défeuillaison actuelle au regard du nombre de larves par bourgeon (Figure 7). Les lignes de régression étaient plus basses dans le cas de chaque traitement par rapport à la ligne de régression de la zone non traitée. La défeuillaison était généralement 20 % moins grave dans les zones traitées au Fénitrothion que dans celles traitées au B.t., et ce, pour toutes les densités larvaires avant traitement. La ligne de régression dans le cas du traitement au Fénitrothion avec B.t. se situait entre les traitements au Fénitrothion ou au B.t., mais variait selon la densité larvaire.

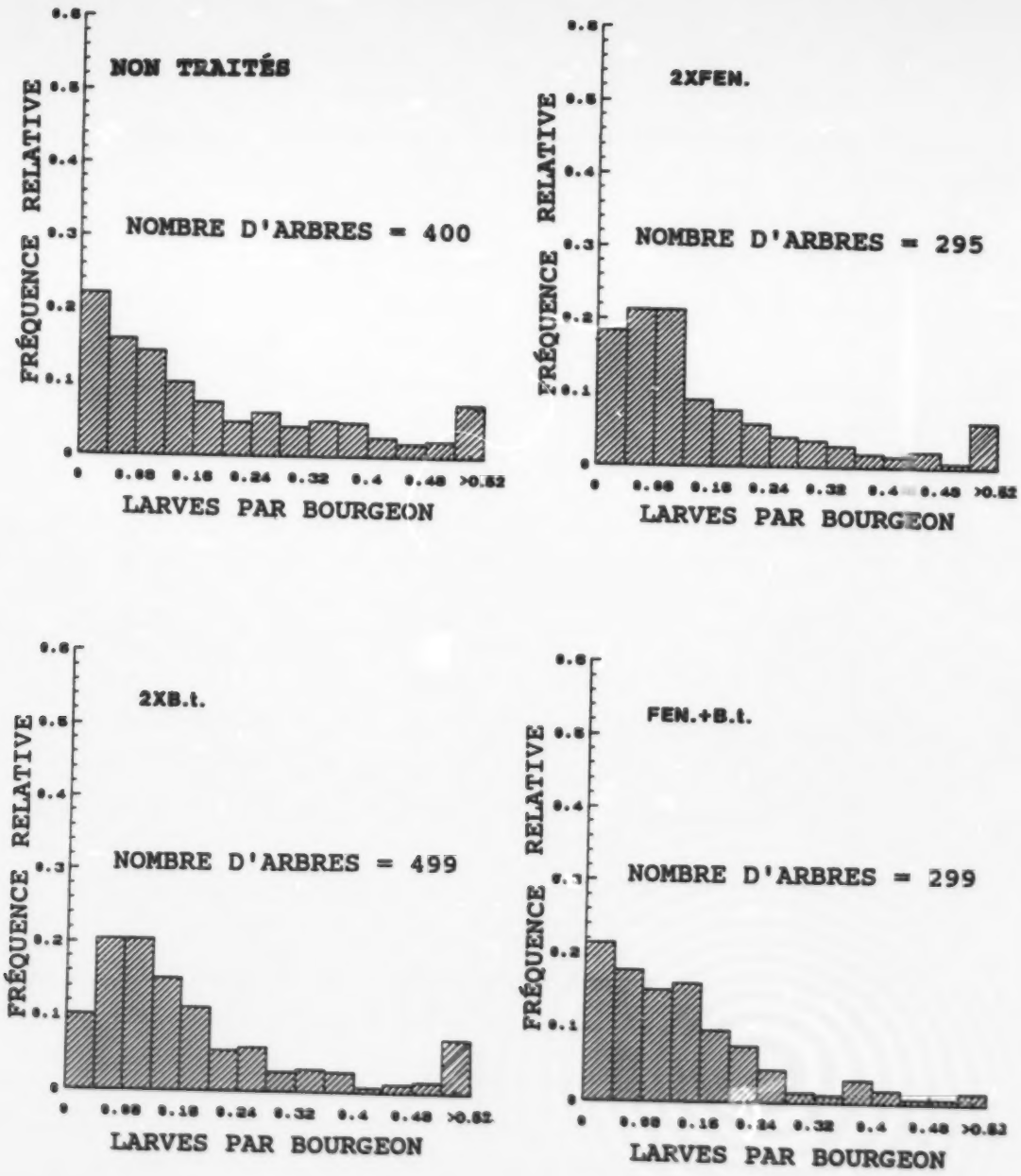


Figure 4. Répartition des populations larvaires avant traitement dans les zones traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

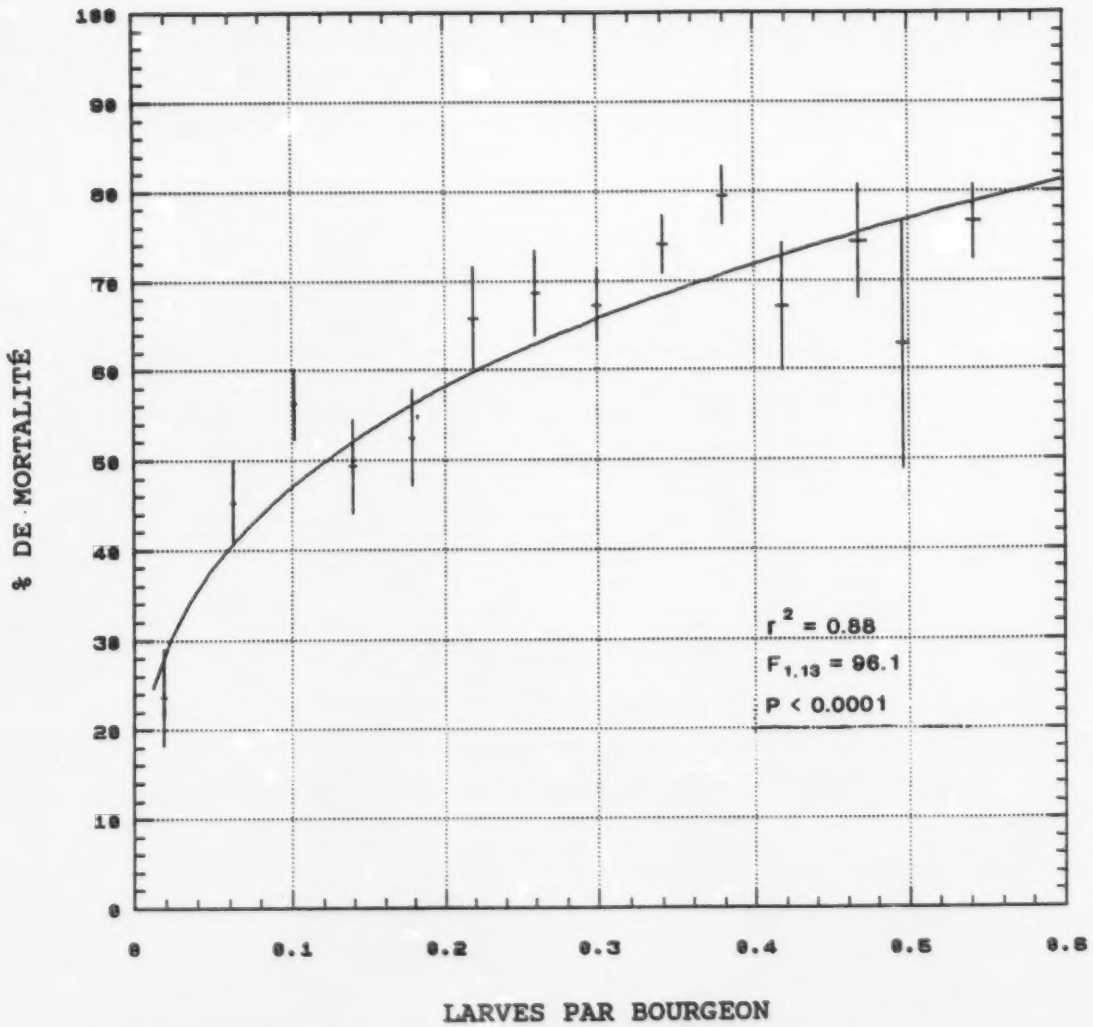


Figure 5. Relations (ligne de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de mortalité larvaire dans les sections non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

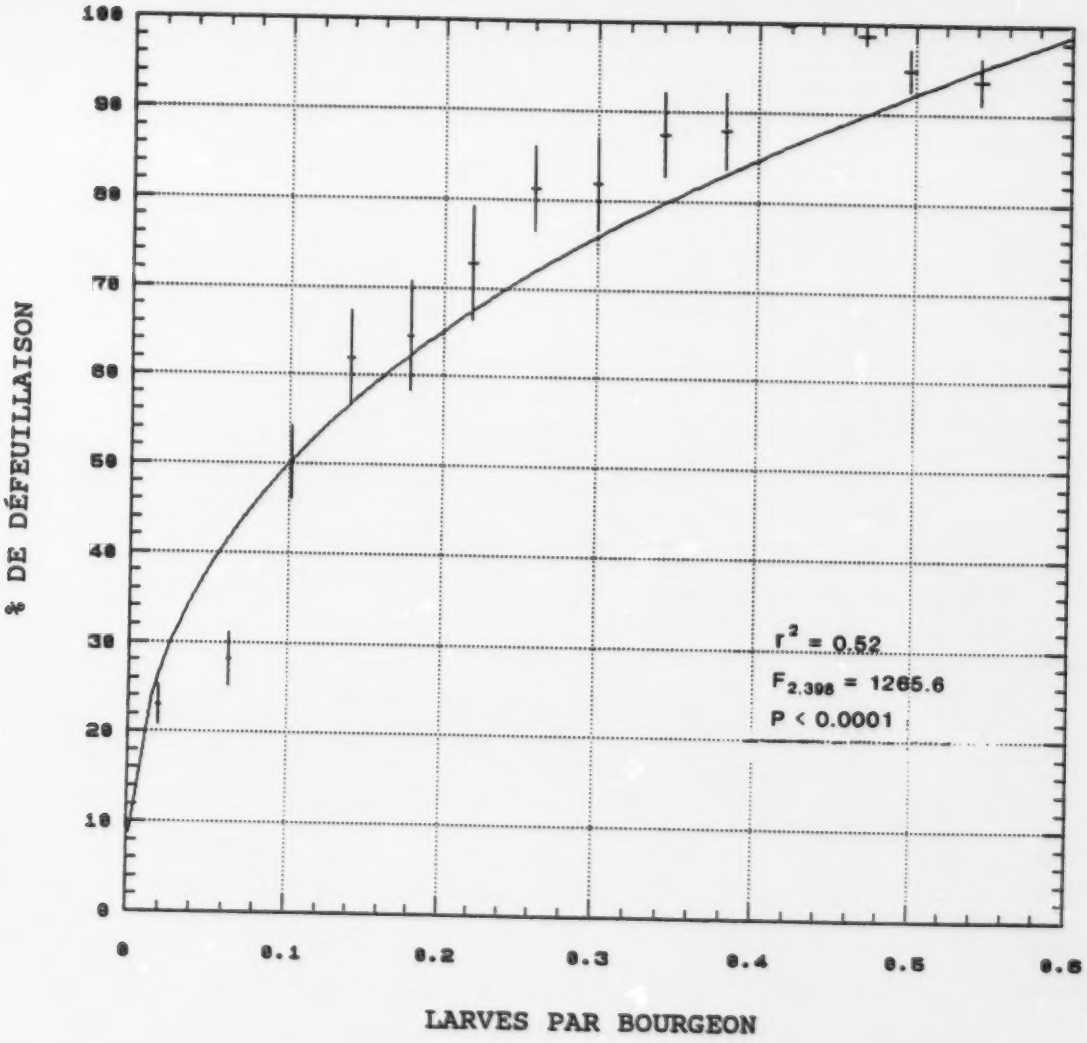


Figure 6. Relations (ligne de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de défeuillaison en cours dans les sections non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

Tableau 4. Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier dans les sections traitées et non traitées dans la zone aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

		Larves avant traitement		% de mortalité		Défeuillaison		Réduction de la défeuillaison	
Bloc	n	/45-cm	/bourg.	Obs.	Corr.	Prév.%	Obs.%	Abs.[a]	%[b]
Bathurst et Newcastle :									
Fénitrothion - 2 X 210 g/ha									
A-5	70	6,4	0,069	97,6	96,9	39,5	2,2	37,3	93,9
A-10	100	16,0	0,184	88,3	76,7	57,3	17,2	40,2	71,6
A-11	25	24,7	0,309	78,3	55,6	71,4	41,9	34,1	51,1
A-16	100	12,9	0,205	92,8	84,8	56,4	25,6	32,2	62,9
Bacillus thuringiensis - 2 X 15 BIU/ha									
A-4	100	11,8	0,109	66,6	45,6	48,9	12,6	36,6	74,0
A-5	100	12,7	0,126	70,3	51,7	51,2	21,6	30,5	60,4
A-10	75	19,4	0,197	65,8	34,9	60,7	53,0	14,5	25,3
A-11	25	16,6	0,132	66,7	38,7	53,7	42,1	16,4	30,9
A-14	100	21,1	0,188	77,1	57,3	55,8	44,2	18,5	33,7
A-15	99	25,4	0,359	72,9	41,1	73,3	60,6	18,1	26,7
Fénitrothion (210 g/ha) + B.t. (15 BIU/ha)									
A-12	99	7,1	0,100	64,7	50,3	44,5	24,4	25,2	59,5
A-13	100	15,4	0,186	77,3	59,3	59,5	39,3	23,1	38,0
A-17	100	7,9	0,132	76,7	59,9	47,4	16,0	32,8	74,1
Non traités									
C-101	75	26,4	0,318	60,9	-	-	83,4	-	-
C-102	50	51,1	0,486	68,5	-	-	99,8	-	-
C-103	75	20,7	0,236	57,8	-	-	74,5	-	-
C-201	100	3,4	0,056	38,1	-	-	21,4	-	-
C-202	100	6,3	0,091	56,4	-	-	37,2	-	-

[a] Réduction absolue de la défeuillaison = Σ(Prév.% - Obs.%)/n.

[b] % Réduction de la défeuillaison = Σ(((Prév.% -Obs.%)/Prév.%) X 100)/n.

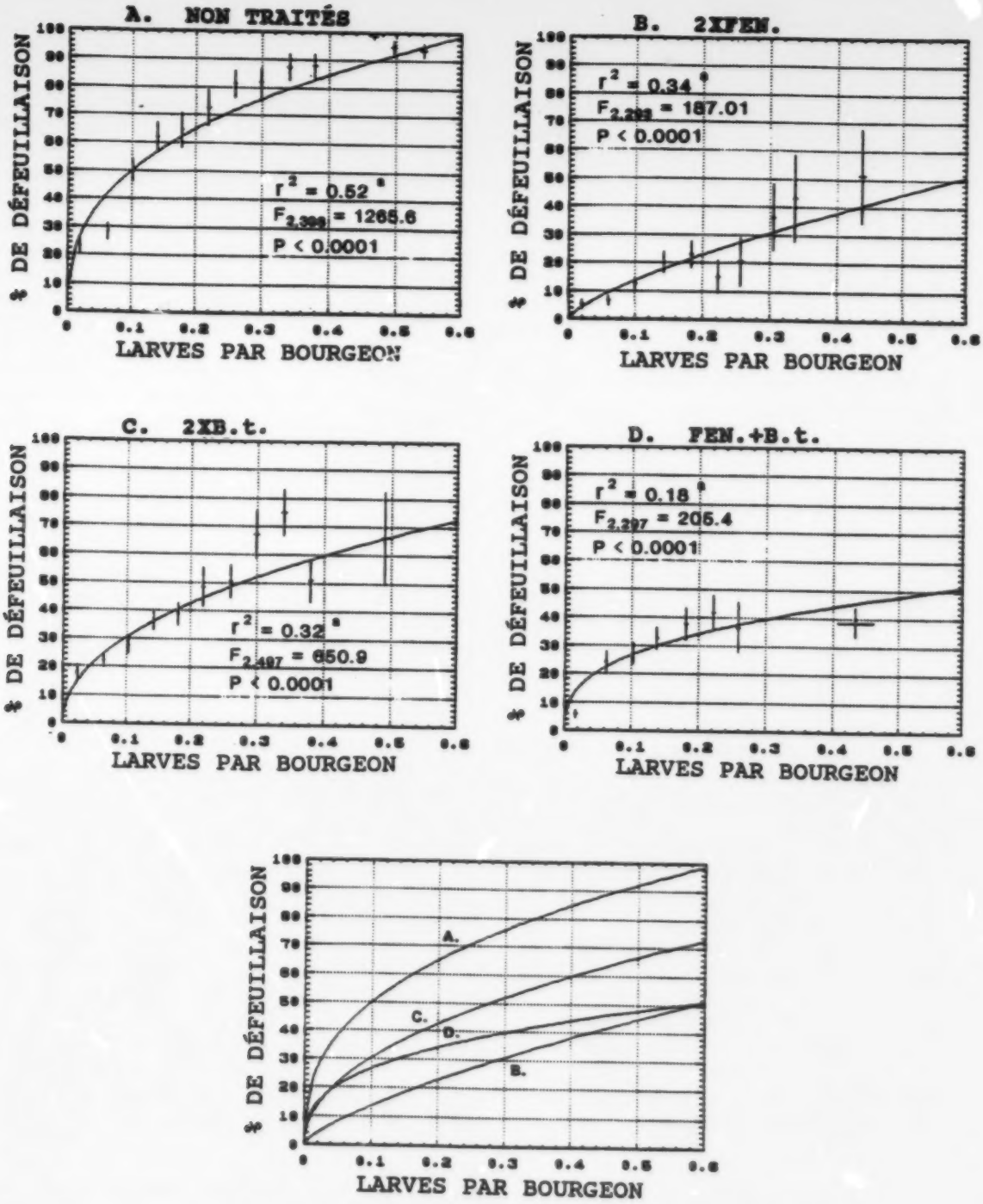


Figure 7. Relations[a] (lignes de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de défeuillaison en cours dans les sections traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

[a] Les valeurs r^2 pour les régressions des moyennes étaient sensiblement plus élevées (NON TRAITÉES : $r^2 = 0,92$; 2XFEN : $r^2 = 0,89$; 2XB.t. : $r^2 = 0,91$; FEN+B.t. : $r^2 = 0,86$).

Vu que les données n'ont pas été réparties normalement, on a eu recours à des épreuves statistiques non paramétriques pour évaluer les écarts d'efficacité entre les traitements. Pour chaque traitement, les données ont été combinées en quatre grandes classes de population (faible : 0 à 0,1 larve pour bourgeon; modérée : > 0,1 à 0,2 larve par bourgeon; élevée : > 0,2 à 0,3 larve par bourgeon; extrême : > 0,3 larve par bourgeon). Pour chaque classe et chaque traitement, on a résumé (Tableau 5) et évalué (Kruskal-Wallis), pour déceler les divergences statistiques, le nombre de larves par bourgeon, le pourcentage de mortalité, la mortalité corrigée, le pourcentage de défeuillaison et le pourcentage de réduction de la défeuillaison. Lorsqu'on décelait des écarts significatifs, on comparait toutes les combinaisons possibles (c'est-à-dire 6) de deux traitements à l'aide du test à double échantillonnage Wilcoxon pour des échantillons non jumelés (Daniel, 1990). Cette analyse venait confirmer les interprétations initiales d'efficacité des traitements. À des densités larvaires semblables[a], non seulement on a constaté les mêmes tendances dans la protection du feuillage, mais on a aussi constaté des écarts de mortalité larvaire, qui reflètent les résultats de protection du feuillage. Les niveaux de mortalité dans le traitement au Fénitrothion ont été plus élevés que ceux des deux autres traitements, et on a noté peu ou pas de différence dans les taux de mortalité entre le traitement au B.t. et celui au Fénitrothion avec B.t.

Pour évaluer davantage les écarts d'efficacité de la protection du feuillage entre les traitements, on a examiné la répartition des échantillons dans 20 % des classes de défeuillaison pour chaque classe de population (Figure 8). Ces comparaisons ont permis de constater qu'il y a avantage à traiter les arbres et que les traitements n'assurent pas tous la même protection du feuillage. Par exemple, le fait qu'il y ait plus d'arbres dans les classes inférieures de défeuillaison dans les zones traitées au Fénitrothion par rapport au B.t. indique clairement que le Fénitrothion est plus efficace. Dans les niveaux de populations de faibles à élevées, le traitement au Fénitrothion a assuré une meilleure protection que celui au Fénitrothion avec B.t., mais on a pu constater peu ou pas de différence entre le traitement au B.t. et celui au Fénitrothion avec B.t. Dans le cas des populations extrêmes, il semblait que le traitement au Fénitrothion et celui au Fénitrothion avec B.t. assuraient à peu près la même protection.

---

[a] Les résultats non paramétriques du nombre de larves par bourgeon n'indiquent aucun écart statistique dans les densités de populations initiales avant traitement entre les traitements des zones à populations modérées, élevées et extrêmes.

Dans l'ensemble, le pourcentage d'arbres ayant atteint l'objectif de protection du feuillage pour le sapin baumier s'est établi à 85 %, 60 % et 72 % pour le Fénitrothion, le B.t. et le Fénitrothion avec B.t., respectivement. Par contre, seulement 38 % des arbres dans les sections non traitées ont subi une défeuillaison moindre que l'objectif. D'après les lignes de régression, la défeuillaison a généralement surpassé l'objectif de protection du feuillage en fonction de densités larvaires avant traitement plus grandes que 0,18, 0,30, et 0,44 larve par bourgeon pour ce qui est du traitement au B.t., au Fénitrothion avec B.t., et au Fénitrothion, respectivement.

Tableau 5. Moyennes, erreurs courantes et résultats non paramétriques (Kruskal-Wallis; épreuve à double échantillonnage Wilcoxon ($P < 0,05$)) pour des traitements appliqués aux populations modérées ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

Population avant traitement (larves par bourgeon)	Traitements*	n	Larves par bourgeon x ± SE	NP**	% de mortalité x ± SE	NP	% de mortalité corrigée x ± SE	NP	% de défeuillaison x ± SE	NP	% de réduction de la défeuillaison x ± SE	NP
≤0.1 (FAIBLE)	Non traités	164	.044±.003	a	39.3±3.3	a			27.[illegible].7	d		
	2XFEN.	141	.052±.002	b	90.3±2.0	d	86.3±2.4	c	7.[illegible]±1.1	a	81.8±2.1	c
	2XB.T.	189	.061±.002	c	58.6±2.6	b	43.9±2.8	a	[illegible].5±1.6	c	54.4±2.5	a
	FEN.+B.T.	137	.046±.003	ab	64.9±3.6	c	54.9±4.1	b	16.2±1.9	b	66.0±3.2	b
>0.1 ≤ 0.2 (MODEREE)	Non traités	94	.142±.003	a	51.2±3.1	a			61.7±3.2	c		
	2XFEN.	74	.142±.004	a	91.4±1.5	c	81.7±3.0	b	17.5±2.0	a	70.3±3.1	b
	2XB.T.	170	.145±.002	a	74.0±1.6	b	49.5±2.5	a	35.4±2.1	b	46.1±2.7	a
	FEN.+B.T.	97	.144±.003	a	74.0±2.7	b	54.6±3.7	a	32.7±2.7	b	49.3±3.6	a
>0.2 ≤0.3 (ELEVEE)	Non traités	48	.252±.004	a	68.0±3.1	a			77.5±3.4	c		
	2XFEN.	29	.240±.004	a	94.5±2.0	d	86.9±3.8	c	18.4±4.7	a	75.3±5.9	b
	2XB.T.	60	.248±.004	a	75.2±2.6	b	43.8±4.2	a	53.1±4.1	b	32.8±4.7	a
	FEN.+B.T.	38	.239±.004	a	86.5±2.9	c	69.8±4.8	b	41.4±4.7	b	44.2±5.9	a
>0.3 (EXTREME)	Non traités	94	.510±.027	a	75.5±1.9	a			92.8±1.4	c		
	2XFEN.	51	.523±.032	a	90.8±2.4	c	69.8±5.1	b	50.0±5.3	a	46.7±5.4	b
	2XB.T.	80	.565±.028	a	86.7±1.1	b	46.4±5.5	a	70.1±3.1	b	25.3±3.1	a
	FEN.+B.T.	27	.455±.029	a	85.8±2.9	b	52.7±7.5	a	36.5±5.4	a	58.8±5.9	b
Combiné	Non traités	400	.201±.011	bc	55.1±1.7	a			56.7±1.8	d		
	2XFEN.	295	.175±.011	ab	91.1±1.1	d	82.2±1.7	c	18.6±1.5	a	72.2±1.8	c
	2XB.T.	499	.193±.009	c	70.5±1.3	b	46.2±1.7	a	37.8±1.4	c	44.3±1.6	a
	FEN.+B.T.	299	.139±.008	a	73.2±1.9	c	56.6±2.4	b	26.6±1.6	b	57.2±2.1	b

* Traitements: Non traités - Sections non pulvérisées
2XFEN. - Fénitrothion @ 2 X 210 g/ha
2XB.T. - Futura XLV-HP @ 2 X 15 BIU/ha
FEN.+B.T. - Fénitrothion @ 1 X 210 g/ha + Futura XLV-HP @ 1 X 15 BIU/ha

** Les lettres identiques indiquent aucun écart statistique entre les traitements indigués pour un ensemble donné de population.

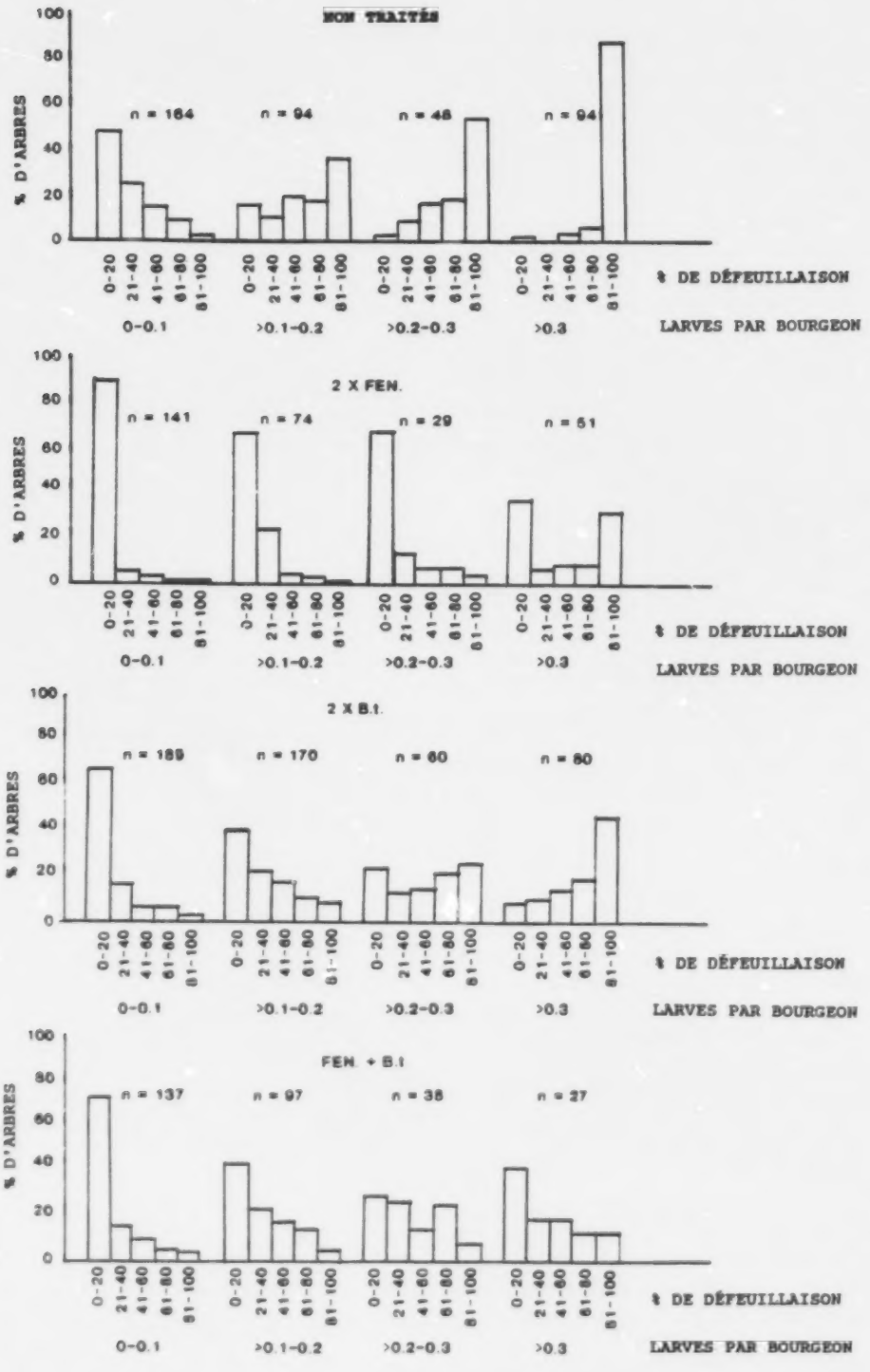


Figure 8. Pourcentages de l'étendue de la défeuillaison dans les zones traitées et non traitées aux populations moyennes ou élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

ii) Résultats dans les zones à population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick

Deux traitements ont été utilisés dans la zone à population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, soit du Fénitrothion, ainsi que du Fénitrothion avec B.t. Un total de 465 arbres ont été évalués pour en déterminer les populations avant et après traitement et la défeuillaison finale. Contrairement aux populations avant traitement dans les zones aux populations moyennes ou élevées, une plus grande proportion d'échantillons dans les zones à population variable se situe dans des classes à population moins nombreuse (Figure 9), venant ainsi appuyer la décision de stratifier les données aux fins d'analyse.

Pour avoir une vue d'ensemble, on a calculé les moyennes pour des blocs traités et des sections non traitées (Tableau 6). Une comparaison des moyennes de défeuillaison observée et de défeuillaison prévue permet de constater l'efficacité des traitements. En combinant les données par traitement, l'analyse de la régression (Figure 10) indique encore l'efficacité des traitements au Fénitrothion seul, qui assure une protection du feuillage légèrement supérieure que le traitement mixte. En réunissant les données par traitement et classe de population, on a examiné les répartitions du pourcentage de défeuillaison (Figure 11). Encore ici, le traitement au Fénitrothion semble assurer une protection légèrement supérieure.

Tableau 6. Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier dans les zones traitées et non traitées pour une population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

		Larves avant traitement		% de mortalité		Défeuillaison		Réduction de la défeuillaison	
Bloc	n	/45-cm	/bourg.	Obs.	Corr.	Prév.%	Obs.%	Abs.[a]	%[b]
Campbellton :									
Fénitrothion - 2 X 210 g/ha									
A-1	50	8,1	0,083	95,6	89,8	46,6	8,9	37,8	82,8
A-4	50	4,7	0,062	97,7	92,9	35,4	1,6	33,8	90,5
A-5	50	4,6	0,059	95,4	85,8	38,2	5,4	32,8	90,0
A-8	40	5,3	0,059	98,9	96,6	39,2	9,4	35,7	89,4
Fénitrothion (210 g/ha) + B.t. (15 BIU/ha)									
A-8	50	10,7	0,115	81,9	69,8	54,5	14,1	41,0	74,3
Non traités									
C-501	100	1,0	0,014	100,0	-	-	1,0	-	-
C-502	50	3,2	0,046	67,6	-	-	19,3	-	-
C-503	50	11,7	0,114	46,3	-	-	70,0	-	-
C-504	25	12,3	0,152	33,9	-	-	77,9	-	-

[a] Réduction absolue de la défeuillaison = Σ(Prév.% - Obs.%)/n.

[b] % Réduction de la défeuillaison = Σ(((Prév.% -Obs.%)/Prév.%) X 100)/n.

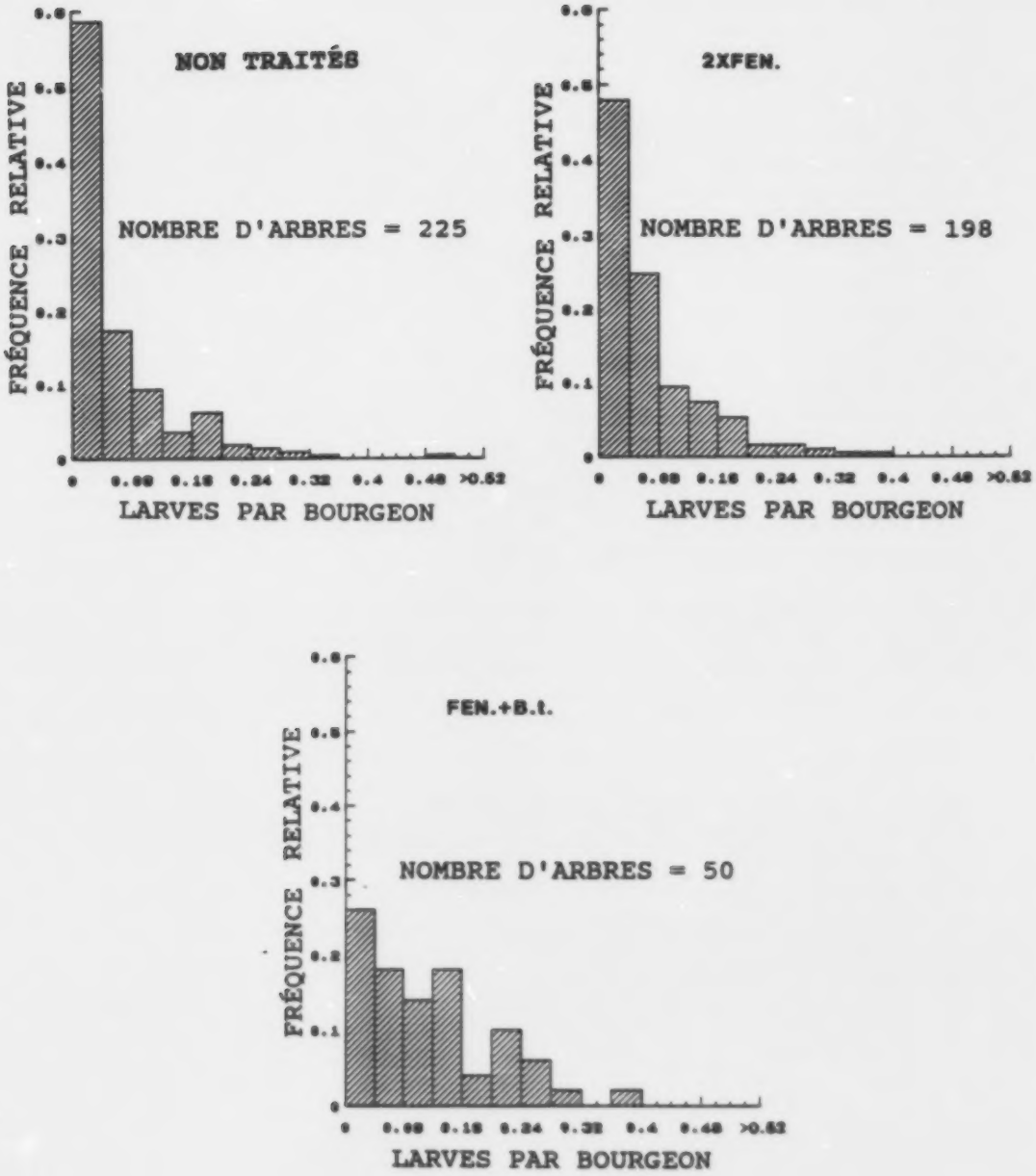


Figure 9. Répartition des populations larvaires avant traitement dans les sections traitées et non traitées à population variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

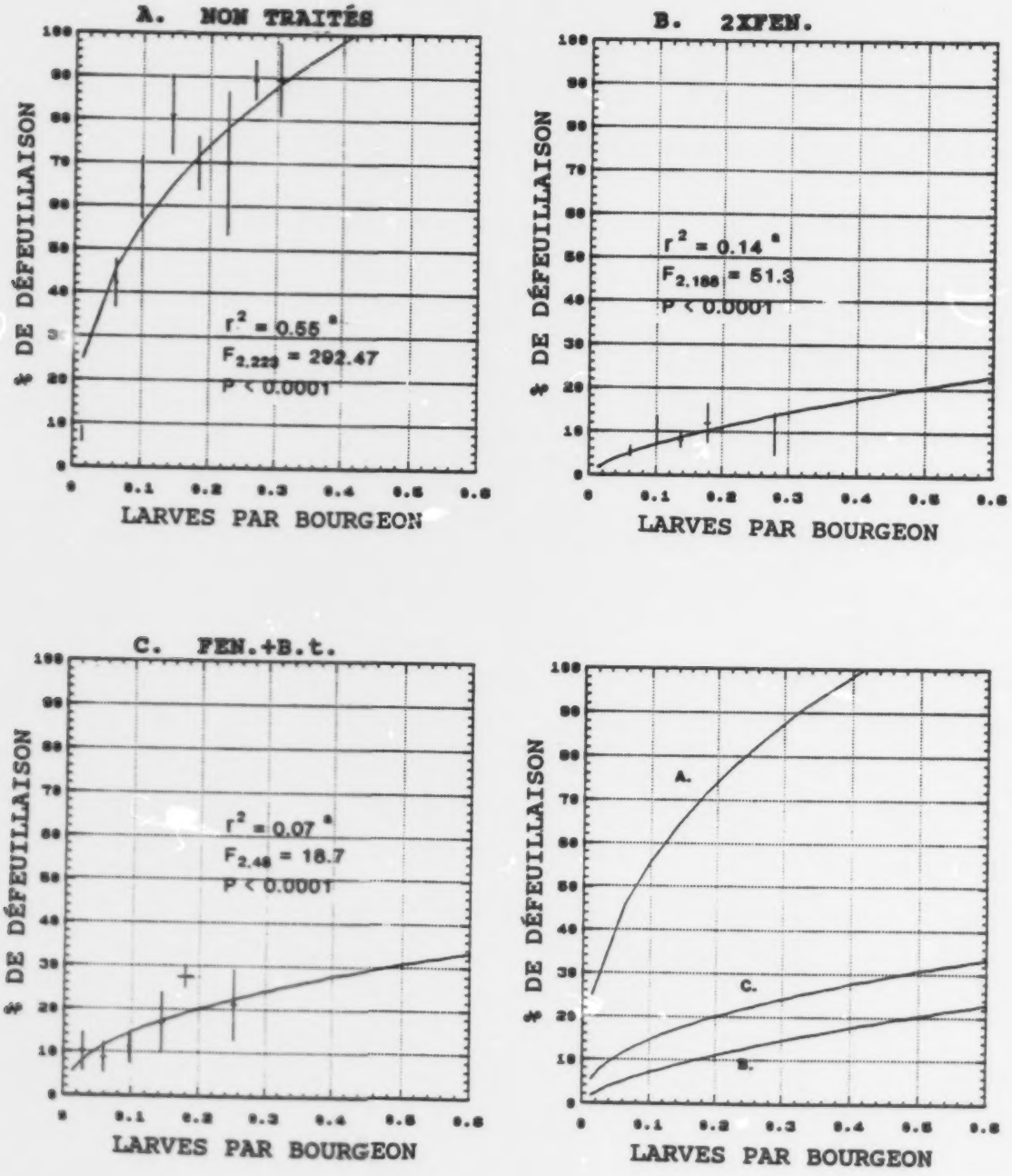


Figure 10. Relations* (lignes de régression, moyennes, erreurs courantes) entre les populations larvaires avant traitement et pourcentage de défeuillaison en cours dans les zones traitées et non traitées à infestation variable dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

---

* Les valeurs r^2 pour les régressions des moyennes étaient sensiblement plus élevées (NON TRAITÉES : $r^2 = 0,88$; 2XFEN : $r^2 = 0,87$; FEN + B.t. : $r^2 = 0,69$).

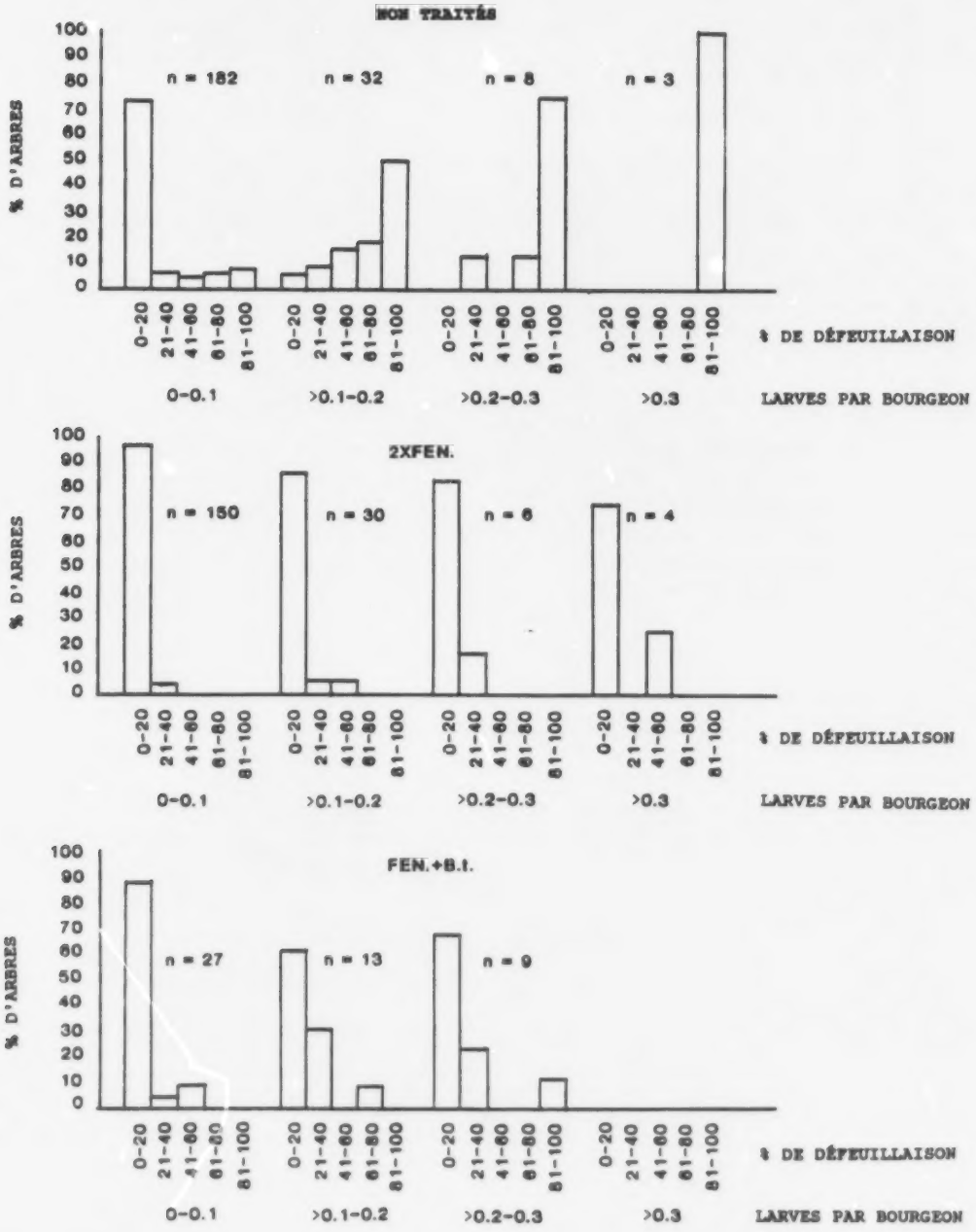


Figure 11. Pourcentages de l'étendue de la défeuillaison dans les zones traitées et non traitées où l'on prévoit des infestations variables dans le nord du Nouveau-Brunswick, en 1990.

Sur le nombre total de sapins baumiers dans les sections traitées au Fénitrothion et au Fénitrothion avec B.t., 98 % et 92 %, respectivement, ont atteint l'objectif de protection du feuillage. Par contre, 68 % des sapins baumiers dans des sections non traitées ont atteint l'objectif.

iii) **Résultats dans le centre et le sud du Nouveau-Brunswick**

Dans cette région, on n'a utilisé que du Fénitrothion et on n'a échantillonné que 100 sapins baumiers et 95 épinettes rouges/noires. On a calculé les moyennes pour les blocs traités et les sections non traitées (Tableau 7). Compte tenu de la faible taille de l'échantillon, seules les observations générales suivantes ont été faites :

- les densités larvaires moyennes avant traitement étaient plus élevées sur les sapins baumiers dans les zones traitées que dans les zones non traitées;
- la défeuillaison moyenne des sapins baumiers dans les sections traitées et non traitées n'a pas surpassé l'objectif de protection du feuillage;
- l'ampleur de la défeuillaison observée semble moins élevée sur l'épinette rouge/noire que sur le sapin baumier, en fonction des mêmes densités larvaires avant traitement;
- malgré les populations avant traitement qui étaient entre une fois et demie et deux fois plus élevées dans le bloc A-21, la défeuillaison moyenne de l'épinette rouge/noire était des deux-tiers inférieure à celle des zones non traitées.

Tableau 7. Nombre moyen de larves, mortalité larvaire et défeuillaison du sapin baumier et de l'épinette rouge/noire dans les zones traitées et non traitées du centre et du sud du Nouveau-Brunswick, en 1990.

		Larves avant traitement		% de mortalité	% de défeuillaison
Bloc	n	/45-cm	/bourg.	Observé	Observé
Fénitrothion - 2 X 210 g/ha					
Sapin baumier					
A-19	25	12,2	0,135	70,2	31,9
A-20	25	14,5	0,147	94,3	23,9
Non traité					
A-419	25	3,8	0,048	86,0	9,0
A-420	25	8,8	0,097	78,4	22,8
Épinette rouge/noire					
A-21	20	19,5	0,193	90,7	3,0
A-22	25	3,0	0,027	90,2	0,7
Non traité					
A-321	30	12,2	0,089	81,0	8,7
A-322	20	9,7	0,080	64,1	10,6

4.3.2 Relevé aérien

Sur la superficie totale de défeuillaison modérée ou grave décelée dans la province, 67,1 % se situait à l'extérieur des zones traitées. Sur l'ensemble de la superficie traitée, seulement 14,7 % ont connu une défeuillaison modérée ou grave. On a observé une défeuillaison modérée ou grave sur 6,4 % de la superficie totale traitée au Fénitrothion, sur 37,3 % de tout le territoire traité au B.t., et sur 19,6 % de tout le territoire traité au Fénitrothion plus B.t. (Tableau 8).

Sur la superficie traitée pour des prévisions entre moyennes et élevées dans le nord du Nouveau-Brunswick, 28,5 % de la zone traitée au Fénitrothion, 43,6 % de la zone traitée au B.t. et 50,1 % de la zone traitée au Fénitrothion avec B.t. ont subi une défeuillaison modérée ou grave. Par contre, < 3 % de la zone traitée à population variable ont subi une défeuillaison modérée ou grave. Pour la période de 14 ans entre 1977 et 1990, la proportion moyenne de la zone traitée ayant une défeuillaison modérée ou grave basée principalement sur l'arrosage chimique s'est établie à 17 % (entre 6 % et 38 %).

Tableau 8. Résumé de la défeuillaison modérée ou grave des zones qui ont été traitées au Nouveau-Brunswick en 1990.

Traitement	Superficie traitée (ha)	Superficie défeuillée (ha)	% de la superficie traitée défeuillée
Fénitrothion	362 635	23 282	6,4
B.t.	120 855	45 117	37,3
Fénitrothion + B.t.	49 695	9 757	19,6
Totaux	533 185	78 156	14,7

5. PRÉVISIONS EN MATIÈRE D'INFESTATION POUR 1991

En 1985, les relevés de masses d'oeufs de la tordeuse du bourgeon de l'épinette ont été remplacés par les relevés L2, afin de prévoir les taux d'infestation au Nouveau-Brunswick. En proportion, le nombre de points d'échantillonnage dans chaque catégorie d'infestation a varié chaque année de 1988 à 1990 (Tableau 9). Entre 1982 et 1986, le pourcentage de points d'échantillonnage de la catégorie faible a eu tendance à diminuer tandis que celui de la catégorie élevée augmentait. Entre 1986 et 1987, le pourcentage de points d'échantillonnage de la catégorie élevée a triplé dans les régions du centre-nord et du nord-ouest de la province, principalement dans le comté de Restigouche. En 1988 et 1989, la plus grande partie du comté de Restigouche comptait des populations variables (de faibles à modérées). Au cours de la même période, on a observé des populations modérées à élevées dans les parties nord-ouest du comté de Northumberland et les parties ouest adjacentes du comté de Gloucester. La tendance de proportion accrue de points d'échantillonnage de la catégorie faible, constatée en 1989, s'est poursuivie en 1990.

Tableau 9. Fluctuations de l'intensité des infestations de la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick entre 1981 et 1990.

ANNÉE/RELEVÉ	n[a]	TAUX D'INFESTATION PRÉVU		
		FAIBLE	MODÉRÉ	ÉLEVÉ
1981/masses d'oeufs	1 740	(34 %)	(25 %)	(41 %)
1982/masses d'oeufs	1 753	(26 %)	(29 %)	(45 %)
1983/masses d'oeufs	1 316	(48 %)	(20 %)	(32 %)
1984/masses d'oeufs	1 476	(51 %)	(22 %)	(27 %)
1985/L2	1 521	(56 %)	(32 %)	(12 %)
1986/L2	1 586	(77 %)	(20 %)	(3 %)
1987/L2	1 572	(76 %)	(15 %)	(9 %)
1988/L2	1 204[b]	(73 %)	(19 %)	(8 %)
1989/L2	1 349[b]	(82 %)	(13 %)	(5 %)
1990/L2	1 198[b]	(84 %)	(11 %)	(5 %)

[a] - Nombre d'emplacements échantillonnés; ne comprend pas les échantillonnages supplémentaires.

[b] - Réduction de l'échantillonnage attribuable à la chute de la population dans le sud du Nouveau-Brunswick.

Il est prévu qu'en 1991, 0,99 million d'hectares seront infestés par des populations de tordeuse variables (de faibles à élevées) ainsi que de modérées à élevées (Figure 12). Ces chiffres constituent une importante diminution sur les prévisions de l'année dernière (Tableau 10). Malgré cette baisse générale, la superficie à densité de population de modérée

à élevée augmentera de 40 % par rapport à l'an dernier (0,77 million d'hectares pour 1991 contre 0,55 million en 1990). Ces résultats reflètent une consolidation des populations de modérée à élevée dans les régions aux populations variables en 1990.

Tableau 10. Prévisions de l'année N des superficies (en hectares) susceptibles de subir des infestations modérées ou élevées de tordeuses du bourgeon de l'épinette dans l'année N+1 (1982-1990).

ANNÉE (N)	PRÉVISIONS (N + 1)
1982	5,30 millions d'hectares
1983	4,10 millions d'hectares
1984	3,57 millions d'hectares
1985	3,15 millions d'hectares
1986	1,71 million d'hectares
1987	1,50 million d'hectares
1988[a]	1,65 million d'hectares
1989[a]	1,47 million d'hectares
1990[b]	0,99 million d'hectares

[a] Comprend les superficies de populations variables (de faibles à modérées).

[b] Comprend les superficies de populations variables (de faibles à élevées).

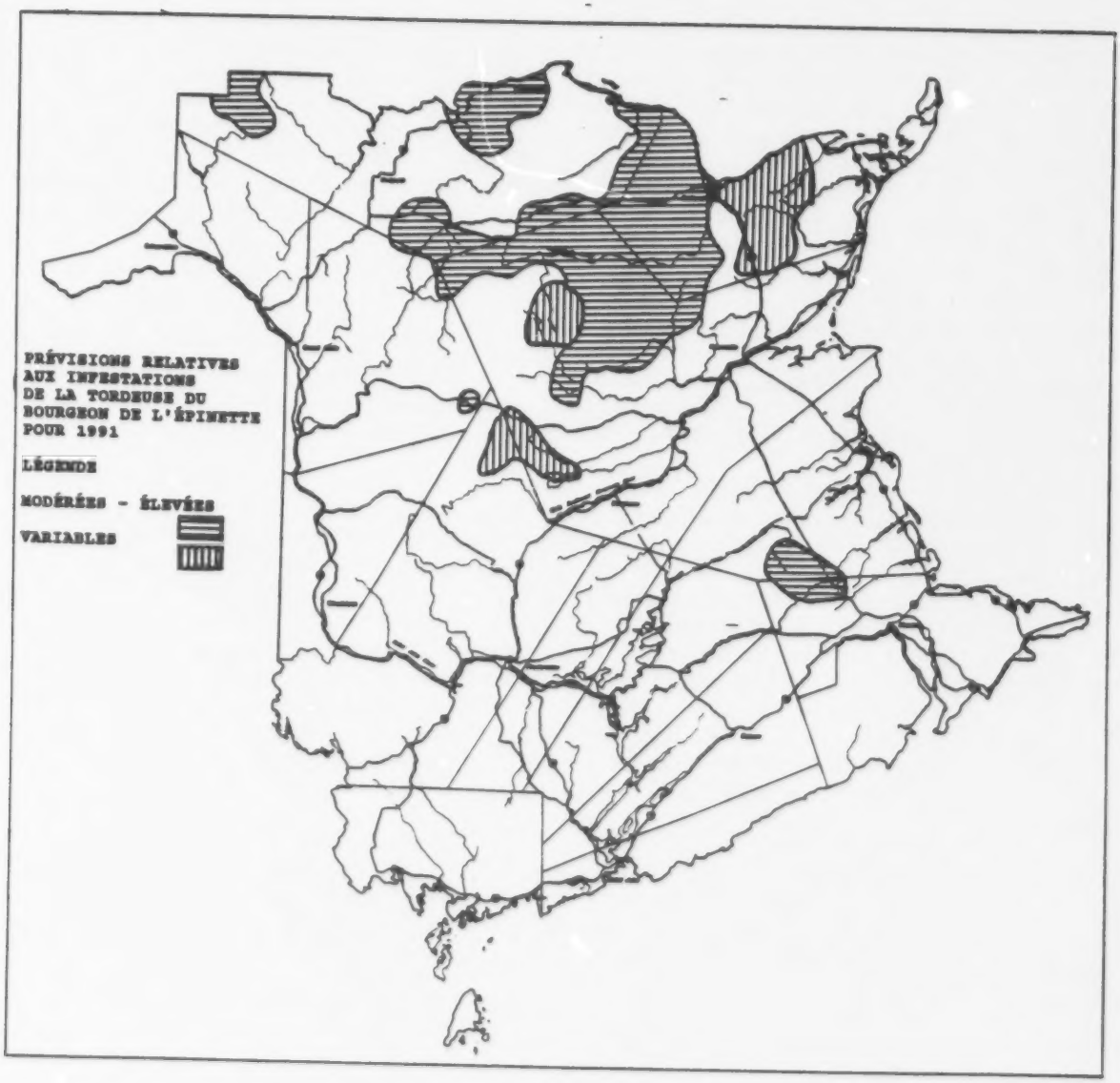


Figure 12. Territoires du Nouveau-Brunswick à infestation variable (de faible à élevée) et à infestation modérée ou élevée de tordeuses du bourgeon de l'épinette en 1991.

6. CONCLUSIONS

6.1 Opérations d'arrosage

Un total de 533 200 hectares de forêts infestées de la tordeuse du bourgeon de l'épinette ont été traités par voie aérienne en 1990 au moyen d'insecticides chimiques (Fénitrothion) ou d'insecticides biologiques (B.t.), ou des deux types. Les applications ont été effectuées durant la période considérée comme idéale pour l'arrosage des larves. La pulvérisation aérienne a commencé le 5 juin et s'est terminée le 26 juin. Aucune étendue n'a été laissée sans traitement en raison de retards attribuables au mauvais temps et aucune seconde application prévue n'a été annulée. Les faibles populations larvaires avant traitement dans une série de blocs ont provoqué l'annulation de l'arrosage prévu de 5 127 hectares.

6.2 Efficacité du programme

1. La période d'application et les conditions atmosphériques qui ont suivi n'ont pas semblé être des facteurs ayant influé de façon défavorable sur l'efficacité de la protection du feuillage.

2. On n'a pas évalué les quantités de produits déposées; par conséquent, les résultats touchant la protection du feuillage sont le reflet de la réalité, mais sans aucune explication.

3. Dans les régions aux populations M-É, diverses analyses ont permis de constater l'efficacité des trois traitements :

   a) le traitement au Fénitrothion donne généralement les meilleurs résultats (par ex., défeuillaison moyenne = 18,6 %; réduction procentuelle moyenne de la défeuillaison = 72,2 %; mortalité larvaire moyenne = 82,2 %; pourcentage des arbres ayant atteint l'objectif = 85 %).

   b) le traitement au Fénitrothion avec B.t. donne généralement des résultats intermédiaires (par ex., défeuillaison moyenne = 26,6 %; pourcentage moyen de réduction de la défeuillaison = 57,2 %; mortalité larvaire moyenne = 56,6 %; pourcentage des arbres ayant atteint l'objectif = 72 %).

   c) les moins bons résultats ont été généralement obtenus par le B.t. (par ex., défeuillaison moyenne = 37,8 %; pourcentage moyen de réduction de la défeuillaison = 44,3 %; mortalité larvaire moyenne = 46,2 %; pourcentage des arbres ayant atteint l'objectif = 60 %).

4. Dans les zones à population variable, l'analyse de la régression et l'examen du pourcentage de défeuillaison dans diverses classes de densité larvaire avant traitement ont révélé que le traitement au Fénitrothion est légèrement plus efficace que celui au Fénitrothion plus B.t.

5. Dans les régions du centre et du sud, l'analyse de données limitées a révélé des degrés acceptables de défeuillaison tant dans les sections traitées au Fénitrothion que dans les sections non traitées.

6. Vu que les territoires ont été traités à des périodes déterminées et que les arrosages ont été suivis de temps favorable, et compte tenu des pourcentages de défeuillaison et de mortalité évalués en fonction des densités larvaires avant traitement, il semble que la quantité de produit déposée et qu'un mode unique de traitement au B.t. peuvent être des facteurs clés qui réduisent la protection générale du feuillage dans les zones traitées au B.t.

6.3 Prévisions

1. Si l'on se fonde sur le relevé L2, 0,99 million d'hectares seront touchés par des populations variables (de faibles à élevées) et de modérées à élevées de tordeuse du bourgeon en 1991. Cette superficie, qui constitue une diminution de 33 % sur les prévisions de l'an dernier, représente environ 14 % de tout le territoire de la province.

2. Malgré la diminution générale de la superficie totale d'infestations, l'étendue qui sera touchée par des populations de modérées à élevées augmentera de 40 % par rapport à l'an dernier (soit 0,77 million d'hectares au regard de 0,55 million).

3. Les régions qui seront touchées se situent principalement dans le nord du Nouveau-Brunswick, c'est-à-dire des parties des comtés de Restigouche, Gloucester et Northumberland.

4. À l'exception d'une région isolée au nord-ouest de Moncton, aucun ravage considérable n'est prévu dans la moitié sud de la province en 1991, qui montre des signes d'amélioration depuis les dernières années.

BIBLIOGRAPHIE

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Ent. 18:265-267.

Carter, N.E. 1988. Programme de pulvérisations aériennes contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick. 1988. Ministère des Ressources naturelles, C.P. 6000, Fredericton (N.-B.).

Carter, N.E. 1990. Programme de pulvérisations aériennes contre la tordeuse du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick. 1989. Ministère des Ressources naturelles, C.P. 6000, Fredericton (N.-B.).

Daniel, W.W. 1990. Applied nonparametric statistics. 2e éd. PWS-Kent Publishing Co., Boston, Mass.

Davies, D. 1990. Rapport du programme de 1990 de Forest Protection Limited. FPL, Comp. 5, Site 24, RR #1, Fredericton (N.-B.).

Dorais, L. et E.G. Kettela. 1982. A review of entomological survey and assessment techniques used in regional spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), surveys and in the assessment of operational spray programs. Report of the Committee of Standardization of Survey and Assessment Techniques, Eastern Spruce Budworm Council.

Fettes, J.J. 1950. Investigations of sampling techniques for population studies of the spruce budworm on balsam fir in Ontario. Forest Insect Lab, Sault Ste. Marie, Ont., Ann. Tech. Rept.

Kettela, E.G. 1983. Situation des infestations de tordeuses du bourgeon de l'épinette au Nouveau-Brunswick en 1983 et prévisions pour 1984. Environnement Canada, Service canadien des forêts, CRFM, note technique n° 100.

Koller, C.N. et D.E. Leonard. 1981. Comparison of energy budgets for spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), on balsam fir and white spruce. Oecologia 49:14-20.